

SOLAR DECATHLON

ARCHITECTURE, RECHERCHE, INNOVATION ET EXPÉRIMENTATION

ARMADILLO BOX® ET CANOPEA®

1er prix en 2012

Sous la direction de
Pascal Rollet, architecte, professeur à l'ENSAG

Rédaction
Maxime Bonnevie, architecte, coordinateur du projet SDE, labex AE&CC
Christophe De Tricaud, architecte, chef de projet SDE, CSTB Solar

Avec la participation des enseignants et chercheurs
Anne-Monique Bardagot, Quentin Chansavang, Anne Coste, Patrice Doat, Nicolas Dubus, Hubert Guillaud, Thierry Joffroy, Thomas Jusselme, Pascal Rollet, Laurent Tochon

Nous remercions également pour leur contribution
Alain Maugard, membre du comité scientifique de la Team Rhône-Alpes
Jean-Michel Knop, directeur de l'ENSAG
Michel-André Durand, directeur des Grands Ateliers
Vincent Jacques le Seigneur, secrétaire général de l'INES
Richard King, directeur du Solar Decathlon
Sergio Vega, project manager du Solar Decathlon Europe 2010 et 2012

SOLAR DECATHLON

ARCHITECTURE, RECHERCHE, INNOVATION ET EXPÉRIMENTATION

ARMADILLO BOX® ET CANOPEA®

1er prix en 2012

ARMADILLO BOX® ET CANOPEA®
SOMMAIRE

PRÉFACE
ALAIN MAUGARD, PRÉSIDENT DU COMITÉ SCIENTIFIQUE DE LA TEAM RHÔNE-ALPES

Armadillo Box® et Canopea® : un succès et une promesse d'avenir

Ce livre retrace l'aventure de la Team Grenoble, puis de la Team Rhône-Alpes dans la compétition *Solar Decathlon* qui, après le premier essai réussi de 2010 les a conduits au succès de 2012.

Le *Solar Decathlon* est au cœur des mutations du bâtiment et de la ville occasionnées par la nécessaire transition énergétique et la lutte contre l'effet de serre. Le bâtiment deviendra BEPOS ; la même ambition s'appliquera aux quartiers et, dans un avenir proche, à la ville devenue durable. Toutes les solutions passeront par le solaire, solution élégante pour fabriquer de l'électricité locale et de la chaleur. Le solaire constitue une promesse d'avenir. Il sera incontournable et symbolisera cette mutation profonde de la société.

Le *Solar Decathlon* est donc la compétition phare à laquelle il faut participer ; je dois dire que ce fut la principale raison de mon engagement lorsque les équipes m'ont demandé d'animer le Conseil Scientifique. S'adresser aux équipes universitaires présente l'avantage d'interroger les jeunes générations, elles qui vont vivre dans la nouvelle société de la transition environnementale.

Faire travailler ensemble les architectes, les ingénieurs, les urbanistes, les ergonomes, les spécialistes de la communication, les industriels, avec l'appui de centres de recherche, représente l'exemple de travail collaboratif auquel aspire le bâtiment.

Concevoir, construire, exploiter, déconstruire sur un laps de temps limité oblige à envisager toutes les étapes du cycle de vie du bâtiment, de fréquenter les solutions industrielles désormais capables de répondre au sur mesure architectural. Se mesurer dans une compétition internationale est absolument nécessaire car les solutions solaires sont mondiales. Bien sûr chacune des réponses correspond à des conditions climatiques locales, valorise des ressources naturelles locales et tient compte des modes de vie locaux. Mais le challenge concerne l'ensemble de la planète car c'est de la réussite de l'utilisation des énergies renouvelables (au premier rang desquelles le solaire) que nous reviendrons à une empreinte écologique compatible avec les ressources de la planète.

Je ne suis sans doute pas un observateur totalement objectif mais je dis haut et fort que les solutions d'Armadillo Box® et de Canopea® sont intelligentes, performantes et adaptées à la densité urbaine ; et je suis fier d'avoir participé, à ma place, à cette aventure couronnée de succès.

Alain MAUGARD
membre du conseil scientifique de la Team Rhône-Alpes
membre du conseil scientifique du Solar Decathlon Europe 2014
Ingénieur général des Ponts et Chaussées
Président du CSTB durant 15 années
Président de Qualibat

TÉMOIGNAGE
JEAN-MICHEL KNOP, DIRECTEUR DE L'ENSAG

Au moment où des entrepreneurs chinois conçoivent et produisent une maison, un habitat, un mode d'habiter (?) à bas coût sorti sur imprimante 3D et mis en œuvre en quelques heures ; au moment où les MOOCs dématérialisés se développent dans l'enseignement supérieur et sont en passe de révolutionner la pédagogie traditionnelle, il y a matière - me semble-t-il - à réfléchir à l'avenir de la profession d'architecte et de fait à l'évolution de l'enseignement supérieur d'architecture.

Le cadre posé, quelles leçons pouvons-nous tirer de l'opération « commando » à la fois pédagogique, administrative et financière constituée par le *Solar Decathlon* 2012 portée par l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble regroupant sous la bannière de la « *Team Rhône-Alpes* » de nombreux établissements supérieurs et compétences de la région ?

Pour l'ENSAG la clé du succès au *Solar Decathlon* est justement là : dans la capacité des architectes, et plus généralement de la discipline Architecture à mettre en relation, à fédérer, à synthétiser, à générer du transdisciplinaire, à viser l'excellence.

La force de la Team Rhône-Alpes a été de partir d'un postulat pédagogique, fondement de la création de l'ENSAG et qui a permis aux Grands Ateliers de l'Isle d'Abeau de voir le jour : celui de l'expérimentation à échelle 1 comme outil de création, de conception, de mise en œuvre. Elle a été ensuite de tirer les leçons de la première participation à la compétition, de réunir et de fédérer les meilleures compétences de l'enseignement supérieur, de la recherche, de l'industrie et de l'innovation présentes sur le site grenoblois et plus généralement en région. Elle a été enfin et surtout de faire le lien et la synthèse entre formation et profession au travers du projet de conception, de construction, de maitrise d'œuvre et de valorisation d'un prototype en vraie grandeur, expérience rare dans l'enseignement supérieur, expérience unique et ô combien formatrice pour les nombreux étudiants qui ont participé et contribué à ce formidable succès.

C'est d'ailleurs là que se situe me semble-t-il la réussite la plus éclatante de l'entreprise et constitue la matière à réflexions : au-delà de l'opération elle-même qui, à la fois dans le récolement des fonds, comme dans leur gestion administrative a « bousculé » l'institution et ouvert des horizons, Canopea® a constitué pour les étudiants une sorte d'idéal pédagogique, synthèse quasi parfaite entre formation, recherche, profession liant projet, théorisation, réalisation, chantier, communication, valorisation…

Au moment où la Chine et bien d'autres pays avancent en effet à grands pas sans se poser de questions existentielles et nous poussent dans nos retranchements ; au moment où les MOOCs nous imposent de fait la mise en place de nouvelles innovations pédagogiques, tirons collectivement les leçons de ce formidable succès : dépassons les stériles et interminables querelles entre formation et recherche, théorie et pratique, formation et profession et bien d'autres encore… parfois trop faciles prétextes pour ne pas avancer !

Nous le devons pour nos étudiants. Nous le devons pour l'intérêt public de l'Architecture.

Jean-Michel KNOP
Directeur de l'ENSAG
Architecte et Urbaniste en Chef de l'État.

TÉMOIGNAGE
MICHEL-ANDRÉ DURAND, DIRECTEUR DES GRANDS ATELIERS

Les Grands Ateliers sont un groupement d'intérêt public qui réunit des Écoles Nationales Supérieures d'Architecture, des Écoles d'ingénieur, le Réseau des Écoles d'Art de Rhône-Alpes, le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment et depuis l'automne dernier le monde économique et professionnel avec l'arrivée de la Chambre de Commerce et d'Industrie Nord Isère, de la Fédération Française du Bâtiment Rhône-Alpes (FFB), de la Confédération de l'Artisanat et des petites Entreprises du Bâtiment Rhône-Alpes (CAPEB) et du Pôle Innovations Constructives.

Cette évolution n'est sans-doute pas étrangère au rôle que les Grands Ateliers ont pu jouer en supportant, aux côtés des Écoles Nationales Supérieures d'Architecture de Grenoble et de Lyon et de l'Institut National de l'Énergie Solaire (INES), la Team Rhône-Alpes qui participa aux compétitions *Solar Decathlon Europe*, en 2010 et 2012, à Madrid.

En effet, en mettant leurs installations à disposition de la Team Rhône-Alpes, les Grands Ateliers, Plateforme d'enseignement, de recherche et d'expérimentation de la construction, ont pu approfondir leur pratique de l'interdisciplinarité, de l'expérimentation, du prototypage à l'échelle 1 pour une construction ayant une véritable fonctionnalité et devant répondre à des exigences de performances techniques et énergétiques. Cette expérimentation physique a permis de renforcer les relations avec le monde des entreprises et de développer des échanges bénéfiques aux étudiants et aux professionnels.

Cette construction a également été l'occasion de mettre en œuvre des matériaux traditionnels, économiques comme le bois, la terre et d'autres plus contemporains comme les panneaux photovoltaïques ainsi que des process technologiques tels que l'application de réalité augmentée permettant de présenter Canopea® aux visiteurs.

En 2010 comme en 2012, la réalisation des prototypes d'Armadillo Box® et Canopea® ont été, pour les étudiants, l'opportunité d'un apprentissage et d'une pratique du chantier réel.

Le chantier revêt une grande importance pour la qualité des réalisations. Comme dit Renzo Piano : *« J'aime le chantier. C'est un lieu extraordinaire, où tout est toujours mouvement, découverte continuelle, invention… C'est le chantier qui te dit où sont les priorités, les choix à faire pour des décisions qui, sur le papier, te semblaient peut-être insignifiantes… L'organisation du chantier, en ce sens, au-delà des aspects techniques, est devenue partie intégrante de la rencontre entre l'ancien et le nouveau. »*

Le chantier fait tout à fait partie du projet.

Michel-André Durand
Directeur
Les Grands Ateliers
Cité de la Construction Durable
Atelier Matières à Construire
Initiative d'Excellence en Formations Innovantes
Vice-Président du Pôle Innovations Constructives

TÉMOIGNAGE
VINCENT JACQUES LE SEIGNEUR, SECRÉTAIRE GÉNÉRAL DE L'INES

Vincent Jacques le Seigneur, secrétaire général de l'Institut National de l'Énergie Solaire et membre du staff de la Team Rhône-Alpes

Architecture et énergie solaire sont deux facettes d'une même nécessité : habiter. Sans l'une, point de toit pour se protéger des intempéries et sans l'autre pas d'énergie pour vivre. La première apporte sa conception des espaces, des matériaux et des structures, l'organisation des circulations, l'intégration paysagère, en un mot l'art de vivre tandis que l'autre, disponible et renouvelable partout où l'on construit, fournit le chaud ou le froid, assure les fonctionnalités domestiques jusqu'à la mobilité et reste indispensable à toute vie puisque sans soleil point de développement. Deux domaines qui sont condamnés à s'entendre : qu'il s'agisse de se protéger du rayonnement solaire ou au contraire de mieux le capter afin de produire tout ou partie des besoins énergétiques, ils sont aujourd'hui intimement mêlés.

Cette association est ancienne, voire traditionnelle. Depuis l'aube des temps, l'une et l'autre se nourrissent réciproquement. Elles sont consubstantielles. Cela ne va pourtant pas de soi et nombreux sont encore les professionnels qui restent cloîtrés dans leur discipline. Certains s'obstinent à vouloir s'affranchir de l'orientation et, ce faisant, surexposent les constructions ou, à l'inverse, les privent du rayonnement solaire ; d'autres conçoivent les capteurs photovoltaïques ou thermiques comme des pièces rapportées, des ajouts impudiques qu'ils voudraient bien voir « intégrés ». C'est bien dans la conception, et non dans la seule construction, que les deux disciplines doivent aller de pair et qu'architectes et ingénieurs ont à se parler. Là réside tout l'enjeu pédagogique et scientifique du *Solar Decathlon*, non seulement pour les futurs professionnels qui concourent mais aussi pour les chercheurs et les industriels qui coopèrent, jusqu'au *vulgum pecus* qui est bien in fine le principal concerné. Les prototypes du futur réunis pour la compétition doivent édifier, dans tous les sens du terme. Une compétition qui a une vertu supplémentaire : elle impose un rythme, une méthode de travail et exige de ses participants qu'ils renoncent à leurs querelles de clocher et adoptent une sémantique et des références communes. Elle représente ainsi une opportunité, un gain de temps et de moyens précieux pour répondre aux urgences énergétiques et climatiques qui sont les nôtres aujourd'hui. Le solaire n'est pas une technologie d'appoint, il est bien revenu au cœur du bâti.

Nous avons en effet changé d'ère même si cela chagrine encore certains. Au tournant du millénaire, l'Homme a été rattrapé par ses erreurs et/ou son ignorance. Coup sur coup, trois mauvaises nouvelles ont sonné le gong de la fin d'une époque. En premier lieu, la raréfaction, et donc le renchérissement, des énergies fossiles – le fameux Pic de Hubbert identifié dès les années 1950 - que tout le monde, même les producteurs d'or noir, admettent aujourd'hui. Et ce n'est pas, de l'avis des experts, la découverte et l'exploitation des gaz et des huiles non conventionnels qui remettent en cause la fin programmée des ressources fossiles bon marché, faciles à extraire, acceptables socialement et sans dégât sur l'environnement. À cette funeste nouvelle s'en est ajoutée une autre qui va de pair : le changement climatique va bouleverser les modes de vie et, au delà, l'économie générale des sociétés humaines. Que le réchauffement soit de 2° ou de 4° au cours du siècle, nous sommes au pied du mur et il devient urgent de trouver les moyens d'une réduction drastique des émissions de gaz à effet de serre mais aussi, et surtout, de définir une stratégie audacieuse de mitigation et d'adaptation qui permette de vivre sur une planète plus chaude et davantage secouée par des événements météorologiques extrêmes. *Last but not least*, la catastrophe de Fukushima a mis fin au rêve prométhéen d'une énergie de masse, inépuisable et centralisée, propre et sûre, et le doute a désormais pris place dans les esprits, un peu partout dans le monde. Si l'atome ne saurait être définitivement écarté, il faut aujourd'hui composer un mix énergétique plus en phase avec les besoins qui sont les nôtres aujourd'hui.

Ainsi, il n'a pas fallu vingt ans pour que notre modèle centralisé de production et donc de consommation énergétique, jadis si envié et prospère, soit contrarié durablement dans les faits. Les politiques publiques, qui ne sont que l'expression des attentes de la société avec souvent un temps de retard, en sont chamboulées : après l'environnement qui les avait profondément infléchies au lendemain de la « Conférence sur l'environnement humain » de 1972, à Stockholm, avec une prise en compte inédite des enjeux liés à l'eau, aux déchets, aux ressources ou à la nature



1

Campus INES situé sur Savoie Technolac, au Bourget du lac près de Chambery.

– autant de pressions qui peu à peu ont été intégrées par les bâtisseurs, a succédé, à l'aube des années 1980, ce que d'aucuns voyaient comme un nouveau paradigme, le développement durable. Véritable remise en cause du système de production et de consommation, cette nouvelle approche défendue avec brio aux Nations unies, en 1987, par Gro Harlem Brundtland a fait long feu et s'est peu à peu transformée en *greenwashing* entraînant dans son sillage la dérégulation de pans entiers des politiques publiques qui avaient pourtant fait leur preuve mais qui ne trouvèrent plus ni consensus ni financement. Nous initions une troisième ère : quoique funeste, la crise énergétique et climatique est venue opportunément secouer la torpeur de ce début de siècle exigeant des décideurs, élus et consommateurs, enseignants ou entrepreneurs, artistes et chercheurs… des réponses inédites, aussi rapides que radicales.

C'est dans ce contexte et avec ce nouvel agenda qu'il faut désormais réinventer nos pratiques.

La convergence dans le cadre du *Solar Decathlon* des écoles, des universités et des instituts de recherche avec l'appui des entreprises, des pouvoirs publics et des collectivités locales peut sembler anecdotique. Elle ne l'est pas. Elle porte en elle le germe d'une refonte radicale tant de ce qui est transmis aux générations futures que de la manière dont cela est fait : interdisciplinarité, expérimentation, échanges internationaux, collaborations avec les entreprises sont quelques unes des clefs de cette révolution non seulement pédagogique mais plus encore politique.

Dans les laboratoires de l'Institut National de l'Énergie Solaire (INES), à l'instar de la compétition du *Solar Decathlon* qui fut tour à tour un aiguillon, une opportunité ou une justification, nous sommes amenés à nous ouvrir à des domaines toujours plus divers afin d'appréhender la question de l'habitat durable dans sa globalité énergétique.

Avec le solaire passif tout d'abord, car c'est bien dans le choix des matériaux, de l'isolation, des ouvrants et du mode constructif que résident les gains énergétiques les plus importants. La construction de bâtiments à énergie positive et, surtout, la rénovation de l'existant sont désormais au cœur de notre activité avec une double préoccupation d'efficacité énergétique - maximiser les rendements de conversion- et de sobriété – moins consommer.

Le solaire actif ensuite, qu'il soit thermique et fournisse tout ou partie du chauffage et de l'eau chaude, voire du froid pour la climatisation, ou qu'il soit photovoltaïque et alimente ainsi en électricité l'essentiel des besoins domestiques. Et pour d'autres contrées plus au sud - la Sunbelt - qui bénéficient d'un rayonnement direct, le solaire à concentration (CPV) ou thermodynamique (CSP).

Les réseaux ensuite, car la multiplication des sources et des producteurs complexifie la gestion de l'énergie et conduit à imaginer des *smart-grid* électriques « intelligents » comme des réseaux de chaleur

davantage opérables et économes à l'échelle d'un quartier, d'une agglomération ou d'une vallée.

Le stockage enfin - le solaire est par essence intermittent, qui peut se faire dans les batteries de voitures électriques et assurer tout ou partie des besoins de mobilité comme dans des installations fixes et favoriser l'autoconsommation, voire dans des STEP (stockage d'énergie par pompage turbinage) pour des volumes plus importants.

Autant de programmes qui participent à la transition énergétique et nous mènent vers plus d'autonomie mais pas d'indépendance. Notre avenir réside dans un réseau de solidarités actives et non sur une île déserte, coupée du monde. Nos deux participations au *Solar Decathlon Europe*, en 2010 et en 2012, ont été une expérience très stimulante grâce à la créativité des générations montantes et l'incroyable richesse des échanges entre nos institutions.

Nul doute que la première édition française de la manifestation, en juin 2014, à Versailles, ne soit pas plus encore : la Cité du Soleil®, éphémère mais durable, que nous allons bâtir dans le parc du Château sera à la hauteur des grandes festivités, culturelles et techniques, qu'organisait le monarque à la prétention astrale.

Vincent Jacques le Seigneur

La version INES de l'Armadillo Box® est exposée sur la plateforme expérimentale INCAS. Le prototype est exploité par les chercheurs de l'INES et sert à la formation.



2

TÉMOIGNAGE
PASCAL ROLLET, FACULTY ADVISOR DE LA TEAM RHÔNE-ALPES, PROFESSEUR À L'ENSAG

Pascal Rollet, *Faculty Advisor* de la Team Rhône-Alpes.

En octobre 2010, lorsque nous avons décidé de répondre à l'appel à candidature de l'Université Polytechnique de Madrid pour le *Solar Decathlon* 2010, ni Patrice Doat directeur scientifique du CRAterre, ni Vincent Jacques Le Seigneur, secrétaire général de l'Institut National de l'Énergie Solaire (INES), ni moi-même, alors professeur d'architecture à l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble (ENSAG) et membre du laboratoire Cultures Constructives, n'imaginions que nous venions d'enclencher un processus de R&D qui allait nous mobiliser pendant plusieurs années et constituer un tournant majeur dans notre manière d'enseigner l'architecture.
Avec Patrice Doat, Hugo Houben, Hubert Guillaud, Anne-Monique Bardagot, Nicolas Dubus et toute l'équipe de l'unité de recherche AE&CC, nous avions construit une pédagogie de la conception architecturale basée sur la confrontation physique directe avec l'espace et la matière. Dans le cadre d'une opération d'habitat social et de développement local menée par la Société Immobilière de Mayotte, nous avions - entre 1980 et 1984 - tout d'abord expérimenté sur nous-mêmes les effets d'une formation à la fois intellectuelle et pratique par une mise en situation réelle. Concevoir et construire des logements économiques adaptés à l'environnement spécifique d'une petite île de l'Océan Indien tout en inscrivant cette opération dans une politique de développement de filières de production de matériaux locaux - en l'occurrence des briques de terre comprimées produites sur place - servant de propulseur principal au décollage de l'économie mahoraise, fût une expérience fondatrice commune qui orientât toute l'approche de l'enseignement de l'architecture que nous allions mettre en place à l'ENSAG à partir des années 2000.
Cette expérience fondatrice nous a confortée pour formuler des hypothèses de travail pédagogique inspirées des convictions d'Hassan Fathy autant que nourries d'*experiential learning* popularisé aux USA par David A. Kolb à partir des théories de John F. Dewey. Notre panthéon des grands explorateurs de l'architecture regroupait ainsi des personnages variés comme les bâtisseurs des cathédrales médiévales, les maîtres-maçons nubiens - rois des voûtes et des coupoles orientales, Jean Prouvé pliant de la tôle dans ses ateliers à Nancy, Renzo Piano expérimentant les pièces fondamentales de chacun de ses projets dans les ateliers de l'entreprise de construction familiale à Gênes, Frei Otto explorant les structures textiles dans son laboratoire de l'université de Stuttgart, Julius Natterer codifiant scientifiquement la construction bois à Lausanne, José Zanine Caldas sculptant des maisons et des meubles dans des billes de bois exotique, André Ravereau travaillant au M'Zab, le *Rural Studio* de Samuel Mockbee bricolant des maisons recyclées pour les déshérités du comté de Hale au cœur de l'Alabama... et bien d'autres qui, travaillant avec leur tête autant que leurs mains et leur cœur, défrichaient des territoires inédits de la création architecturale.
En 1988, en synthèse d'une première série de recherches sur l'habitat, et fortement marqués par les travaux novateurs d'architectes comme Françoise Jourda et Gilles Perraudin, ou d'ingénieurs comme Peter Rice, Martin Francis (RFR), François Marre et Daniel Coste (AGIBAT), nous avions produit cette Maison du Futur pour le Salon Habiter 88 qui se tenait dans la Grande Halle de La Villette à Paris. Cet habitat futuriste mariait des espaces intimes protégés par la masse d'épais murs en terre coiffés de coupoles sur plan barlong, avec des espaces collectifs aménagés dans une grande serre vitrée pouvant s'ouvrir largement sur l'extérieur ou se protéger du soleil grâce à des panneaux à jalousies en bois orientables et des *shoji* textiles coulissants. L'ensemble dual, à l'abri sous une grande structure métallique tridimensionnelle en aile d'avion recouverte d'une toile technique tendue, alliait déjà des systèmes constructifs traditionnels et des technologies industrielles avancées. La domotique, utilisée pour gérer l'adaptation de l'opacité des parois aux conditions climatiques et pour assurer une coordination des systèmes de captation d'énergies renouvelables comme une connexion aux réseaux d'échanges d'informations, était présente à l'état embryonnaire, certes, mais préfigurait le développement des systèmes actuels du contrôle des ambiances.
Pour monter cette opération en partenariat avec le VIA, nous avions recherché des sponsors industriels. Les 3 Suisses, société de vente par correspondance, apportèrent une participation financière pour valoriser la collection de mobilier qu'ils éditaient à l'époque. Les sociétés Textiles Serge Ferrari, VIO, Siporex et Apimex offrirent des matériaux et des composants techniques. Chaque partie de la maison fut préfabriqués

dans divers ateliers d'artisans métalliers ou menuisiers. Les briques de terre furent produites par les étudiants du CEAA Terre de l'école de Grenoble. L'ensemble acheminé sur trois camions, fut assemblé en neuf jours dans la Grande Halle de la Villette par une cinquantaine d'étudiants de l'ENSAG et d'apprentis de l'AFPA de Grenoble, montré au public pendant deux semaines, puis démonté en trois jours.

Tous les ingrédients des projets développés plus tard dans le cadre du *Solar Decathlon* étaient en quelque sorte déjà présents dans ce projet fondateur. Nous avions ainsi appris qu'il était parfaitement possible de construire une maison innovante avec des étudiants et des apprentis dans un délai record si tout était préparé et organisé dans le détail à l'avance. Nous avions surtout expérimenté les effets de l'intensité d'une opération réelle capable de drainer des forces d'enthousiasme et d'action extra-ordinaires, impensables dans une situation ordinaire basée sur la seule simulation du réel. Nous avions expérimenté le fait que des énergies individuelles canalisées autour d'un projet pouvaient rendre l'action collective étonnamment puissante. Nous avions surtout appris que cette action avait une vertu pédagogique hors du commun dont les effets se faisaient sentir au plus profond de tous ceux qui y participaient, même d'une manière plus ou moins engagée. Nous étions donc convaincus, dès cette époque, de la nécessité de mettre en place un cursus pédagogique qui s'appuie sur l'expérience physique intense autant que sur la réflexion articulée et nourrie de connaissances pluridisciplinaires partagées.

De ces recherches, croisées avec celles de Sergio Ferro sur l'histoire des techniques, de la production et du chantier, prolongées par celles de Philippe Potié et Cyrille Simonnet, est né un lieu spécifique permettant d'allier enseignement, recherche et expérimentation en vraie grandeur : les Grands Ateliers.
Cette plateforme d'apprentissage et de création interdisciplinaire à la croisée des arts et des techniques, des métiers et des savoir-faire, des recherches et des process, nous a permis d'installer un cycle de formation au niveau Master, appelé « Architecture & Cultures Constructives » offrant à de jeunes architectes, ingénieurs et artistes la possibilité de se retrouver autour de projets communs et de passer un diplôme d'études supérieures en ayant déjà acquis une certaine expérience pratique appuyée sur une sensibilité spatiale.
De 2000 à 2005, les sujets de diplômes étaient orientés autour de la question de l'habitat économique et de l'emploi des ressources et savoir-faire locaux. L'exemple de Mayotte faisait encore son effet. Même si elle n'était pas absente des enseignements, la question de l'énergie n'avait pas encore émergée comme centrale ; le matériau et les cultures techniques locales restaient prépondérants...
À partir de 2005, les énergies renouvelables et le développement durable se sont installés comme des facteurs culturels fortement dimensionnants des problématiques d'habitat. Les questions de recherche se sont petit à petit élargies des structures aux fluides, de la construction aux ambiances, du *hardware* au *software*. Les sujets de diplômes ont alors évolué vers la conception d'éco-quartiers et d'habitats éco-responsables, tout en gardant fortement l'empreinte des approches constructives en forte corrélation avec la connaissance de la matière. On verra là sans doute la prégnance de l'extraordinaire travail de défrichage culturel et scientifique sur le matériau terre réalisé par le CRAterre...
Dans la tradition désormais établie des « architectures situées » nous avions toujours privilégié des exercices de projet basés sur des situations réelles permettant une approche ethnologique des enjeux sociaux, politiques et économiques de communautés, villages, villes ou collectivités territoriales offrant des cas d'école. Nous avions développé une recherche-action qui utilisait le projet comme outil d'exploration des situations étudiées.
Autour des Grands Ateliers, nous avions également tissé des liens forts avec les entreprises et les industriels du BTP sur les questions de la matière, des matériaux et de l'intelligence des procédés constructifs. Nous avions ainsi mis un pied dans la R&D en architecture en entrant par la porte des cultures constructives qui racontent les gestes, les savoir-faire, les usages, les savoirs séculaires se transmettant par imitation et initiation autant que les connaissances scientifiques s'élaborant au travers d'expériences en laboratoire et d'expérimentations en grandeur réelle. Nous avions de ce fait développé des rapports de collaboration étroite avec des universités comme l'Université Joseph Fourier de Grenoble, des écoles d'ingénieurs comme l'INSA de Lyon ou des centres techniques nationaux comme le CSTB... L'équipe se composait autant d'architectes, d'ingénieurs que d'historiens,

d'ethnologues ou d'artistes. La pluridisciplinarité formait l'ossature de notre pensée sur l'espace, la matière et la société. La majorité des expérimentations menées aux Grands Ateliers avaient alors un caractère partiel car leur objectif était principalement pédagogique et le process par lequel elles faisaient passer les étudiants comptait plus que le produit final obtenu.

En 2010, le *Solar Decathlon* s'est donc présenté comme une opportunité naturelle qui permettait de franchir un cap décisif : celui de l'application de multiples résultats de recherches dans le domaine de l'habitat, dans le cadre d'un projet partagé dont l'objectif était la réalisation d'un objet final abouti et destiné au marché de la construction. Le *Solar Decathlon* affichait en effet clairement l'ambition de s'adresser directement au grand public en lui montrant les maisons de demain : des maisons bien réelles et parfaitement opérationnelles dans lesquelles on devait vivre et effectuer des tâches ménagères quotidiennes et maintenir des conditions de confort tout en consommant le moins d'énergie possible ; des maisons à bâtir en quantité pour répondre aux besoins du plus grand nombre tout en les adaptant aux conditions de contextes locaux spécifiques ; des maisons qui ne fonctionnaient qu'avec le soleil tout en combinant l'intelligence des ressources locales.

Comme une exposition universelle, cet événement offrait un cadre théâtrale inédit. L'unité d'action combinée avec l'unité de lieu et l'unité de temps ouvrait en grand, et en trois dimensions, une fenêtre sur l'avenir : à quoi allait ressembler les maisons, les immeubles, les villes, les paysages du futur ?
Un grand vent frais soufflait alors car il nous était donné l'occasion unique de combiner concepts, espace, matière, ambiances et technologies pour fabriquer un milieu de vie répondant au nouveau paradigme environnemental : comment vivre en paix sur cette planète en trouvant un nouvel équilibre entre les établissements humains en expansion et les milieux naturels ? Comment réorganiser les espaces de vie et les activités humaines de façon plus durable de manière à s'adapter aux nouvelles conditions du milieu ? L'expérience de Mayotte à l'échelle de la planète en quelque sorte...
Nous avions deux ans - plus exactement dix-huit mois - pour illustrer nos idées et construire un tel démonstrateur.

Pour participer à cette aventure, il fallait assembler une équipe de R&D capable de faire travailler ensemble et dans la même direction des gens qui en avaient soit peu l'habitude, soit qui se côtoyaient sur le mode conflictuel.
Le cadre de la compétition construisait une obligation de résultat et une solidarité implicite qui obligeait à dépasser une grande partie des préjugés pour apprendre à se connaître et composer un équipage efficace, solidaire et performant.
Au caractère culturel valorisant de l'exposition universelle s'ajoutait le piment de la course en équipe. Concevoir, construire, régler et affûter une « machine à habiter » pour la tenir en permanence au maximum de ses performances et marquer des points, connaître et respecter un règlement touffu et complexe, faire des choix stratégiques par rapport à des rivaux de haut niveau, tirer le meilleur de son équipage : l'aventure ressemblait vraiment à un défi de la coupe de l'America !

Mais l'exercice était également très physique. Il fallait contrôler le souffle et doser les efforts du groupe pour tenir le challenge sur une longue période. Il fallait jouer collectif pour que les qualités de chacun s'expriment et se combinent dans le meilleur ensemble possible basé sur l'échange et la complémentarité. Il fallait laisser du temps au temps pour que les acteurs prennent leur place et que se créent des complicités et des solidarités dans l'effort : l'aventure ressemblait aussi beaucoup à une coupe du monde de rugby dont la beauté était proportionnelle à la vitesse de circulation de la balle entre des joueurs agiles, déterminés, aux jambes solides et rapides.



3 4 5

Ce qu'il y a de particulier dans cette métaphore hybride à caractère culturel, technologique et sportif, employée dès le début de l'aventure pour faire comprendre à chacun dans quoi il s'engageait, c'est qu'elle parlait à des personnes très différentes jouant des rôles très variés dans la société. Ils pouvaient alors pousser tous dans la même direction pour un intérêt collectif avéré : la définition et la construction de notre milieu de vie !

Pour les architectes, privilégiant l'expression d'une créativité individuelle, le chemin était ardu à parcourir. Il s'agissait de raboter un peu leur *ego* afin de formuler ce qui nous rassemblait et valait la peine de s'unir. Mais l'habitat collectif et la fabrique de la ville fournissaient des sujets suffisamment fédérateurs.

Pour les ingénieurs, recherchant la performance absolue dans un étroit domaine de compétence rationalisé, la route passait par une ouverture sur les autres domaines de connaissance et l'acceptation de compromis qui ne favorisaient pas toujours la solution la plus simple pour eux. Ils leur fallait aussi admettre qu'on puisse remettre cent fois sur le métier un ouvrage qui se perfectionne chaque jour et que l'étude architecturale itérative induit des remises en cause intuitives de faits pourtant objectivement établis.

Les communicants et les managers en marketing immobilier découvraient avec stupeur que les architectes n'avaient « rien à vendre » et restaient très circonspects envers tout montage économique à la recherche d'un profit quelconque ressenti comme un frein pour l'art et la culture. « La beauté du geste » l'emportait souvent, même si le bénéfice pour « le client » n'était pas avéré. En retour, les architectes découvraient avec un peu d'incrédulité, et un rien de dégoût, les « études de marchés », les « plans de communication » et la création d'une identité de marque pour promouvoir un « produit »...

Les industriels, obnubilés par la promotion de leur marque, découvraient que les jeunes « prescripteurs » pouvaient rester insensibles à leurs arguments technico-commerciaux et faire leur choix sur des bases idéologiques très éloignées des leurs... Pour ces nouvelles générations, le respect de l'environnement, la préservation de la santé et le développement de circuits économiques courts à fort impact sociaux, pesaient au moins aussi lourd que la performance et le coût final. Ils s'avéraient aussi très sensibles au caractère « naturel » des produits envisagés. Le « bio » et le « commerce équitable » avaient fait leur chemin même dans le domaine du BTP. Il fallait donc que les industriels analysent ces idéologies, les comprennent, les partagent ou les contrent par des démonstrations rigoureuses pour rester en phase. De manière quasi symétrique, ils expérimentaient les implications de la pensée complexe et de l'approche holistique conduisant à appréhender un bâtiment comme l'assemblage de plusieurs matériaux et composants fonctionnant à la recherche d'un optimum plutôt que comme une construction homogène réalisée avec un seul matériau ou produit omnipotent. Cet apprentissage de la diversité les amenait parallèlement à envisager des synergies entre groupes et à mesurer l'ampleur de la responsabilité sociale de leur entreprise tant du point de vue de la santé que de celui de la stratégie d'organisation de l'espace.

Les entrepreneurs du bâtiment mesuraient quant à eux l'énorme difficulté dans laquelle les choix stratégiques fait dans le domaine de la formation professionnelle et technique plaçaient notre pays en général, et le secteur du bâtiment en particulier. La dévalorisation sociale progressive de l'apprentissage des métiers de la construction faisait inexorablement décliner la qualité de la main d'œuvre disponible et le niveau de rémunération lui correspondant ; alors même que les nouvelles exigences de la réglementation thermique, les niveaux de performance à atteindre et l'intégration du numérique et des énergies renouvelables dans le bâtiment augmentait la complexité des métiers de manière très significative. La divergence entre ces tendances de fond conduisait immanquablement à une rupture, se traduisant notamment par une augmentation des prix de revient de la construction et des malfaçons entraînant une sérieuse perte de compétitivité et de rentabilité du secteur. Les entrepreneurs réalisaient d'une part qu'ils devaient momentanément élargir leur palette d'embauche - de nouveaux métiers apparaissaient - et d'autre part réviser leur stratégie de formation à long terme ainsi que leur politique d'investissement sur les procédés constructifs. L'industrialisation de la filière, basée sur une utilisation intensive de machines numériques et le contrôle de la qualité des ouvrages réalisés pour garantir des niveaux de performance élevés, amorçait une

évolution vers la préfabrication.
Les jeunes impliqués dans l'aventure SDE ont ainsi pu accéder à des emplois d'un type nouveau dont la nécessité était apparue aux partenaires professionnels des équipes de compétition.

Du point de vue de la pédagogie et de l'organisation des structures de formation de la jeunesse en France, les deux éditions du *Solar Decathlon Europe* auxquelles nous avons participé ont montré que le fonctionnement en équipes transversales permet de répondre rapidement aux défis posés par l'habitat durable, pour apporter des réponses cohérentes et porteuses d'espoir sans négliger aucun des aspects qui s'attachent à la question. Nous savions que nous avions les capacités et les compétences pour le faire, mais le travail en silos séparés privait les différents acteurs d'une mise en action collective coordonnée donnant du sens à leur propre mobilisation. En la matière, le modèle de l'école pluridisciplinaire et polytechnique où des groupes solidaires travaillent par projet commun s'impose donc et a prouvé ici son efficacité. C'est maintenant une question d'intégration de ce modèle dans celui des filières de formation de tous les métiers de la construction, de la ville et de l'architecture que nous devons traiter au niveau structurel général.

Du point de vue plus spécifique de la recherche en architecture, les projets Armadillo Box® et Canopea® auront permis d'illustrer des voies possibles pour la Recherche & Développement en architecture en France.
Dans les écoles d'architecture, la recherche s'est développée, notamment à Grenoble, dans les champs de l'histoire de l'architecture et de la ville, des sciences sociales appliquées à l'espace vécu, de l'anthropologie appliquée à des territoires spécifiques ou à des savoir-faire et des technologies spécifiques nécessaires à la production d'architectures comme, par exemple, les outils numériques. Si on se réfère aux définitions de l'OCDE, ces travaux entrent parfois dans la catégorie de **la recherche fondamentale** et plus généralement dans celle de **la recherche appliquée**. À l'exception des travaux sur la terre crue et sur la construction en bois, peu de recherches menées dans ce cercle se sont concentrées sur les matériaux, les techniques de construction et les systèmes constructifs car celles-ci étaient considérées comme conduites par les grands centres scientifiques nationaux spécialisés comme le CSTB, le CTB ou le CTICM, ou par les bureaux des méthodes des grandes entreprises. Outre les règles de calculs et de simulation du comportement des bâtiments, ces centres ont essentiellement pris pour objet d'étude des composants techniques de bâtiment tels que murs, charpentes, connecteurs, menuiseries ou panneaux de façade, etc. Leur objectif principal était de valider l'utilisation de ces composants ou procédés constructifs dans des bâtiments conçus par des architectes et des ingénieurs dans le cadre d'un projet, puis réalisés par des entreprises. L'intégration de systèmes multiples et complexes à l'échelle d'un bâtiment complet, relevant du **développement expérimental** (définition OCDE) est encore assez rare. À ce stade, le projet est effectivement le process intégrateur qui permet d'appliquer des résultats de recherches préalables disponibles « sur étagères ». Dans ce cas, le projet - phase d'études concentrées en amont - est l'outil même de la recherche et permet le développement expérimental attendu. Il faut donc une équipe de conception et de développement de projet qui dispose de temps et de moyens pour mener à bout ce processus avant de pouvoir évaluer un quelconque résultat.
L'objet construit ayant intégré dans une forme spécifique des résultats de recherches appliquées préalables souvent génériques, constitue le principal résultat du développement expérimental. Les publications, les articles que l'on écrira à propos de cet objet et les enseignements que l'on en aura tirés pour la suite sont évidemment indispensables afin que le processus de R&D continue et nourrisse les programmes sur plusieurs années ; mais l'aboutissement du processus de développement expérimental sur l'habitat est, en l'occurrence, un bâtiment ou un prototype de bâtiment, habitable.

Les projets *Solar Decathlon* sont typiquement de cette nature. Ils permettent d'intégrer les résultats de multiples recherches ayant pour champs d'application :
- les territoires habités, les villes et les espaces naturels,
- l'architecture et la construction de bâtiments, le design d'ameublement et d'aménagement intérieur,
- les infrastructures de transports,
- la gestion de l'énergie, (incluant la production et la gestion d'énergies renouvelables),
- les organisations industrielles et commerciales de production et de maintenance de l'habitat,
- les organisations économiques de

production et de financement de l'habitat,
- les organisations sociales et juridiques de gestion des espaces habités.
Ces projets produisent des prototypes qui peuvent être visités, évalués, testés et améliorés pour servir de support à de nouvelles recherches dont les résultats pourront être transférés à des acteurs économiques. Leur rôle est alors de faire passer ces solutions dans le domaine de la production de masse en répondant aux besoins du grand public.
La boucle est alors bouclée, la R&D a rempli son office vis-à-vis de la société puisqu'elle a fait avancer la connaissance dans le domaine d'étude choisi en proposant des solutions plus adaptées que celles en place. Il s'agit évidemment d'un processus itératif continu qui permet d'améliorer sans cesse les produits de la recherche et de répondre aux évolutions constantes des demandes de la société.

Pour l'ensemble des acteurs des projets Armadillo Box® et Canopea®, présentés dans cet ouvrage, l'évolution majeure de la recherche s'est cristallisée autour de la question de l'échelle d'intervention et de celle des données à prendre en compte pour concevoir une bonne architecture durable.
Concentrés sur le bâtiment, les architectes et les ingénieurs qui ont développé Armadillo Box® avaient intégré, dès 2008, l'idée de l'habitat collectif en illustrant comment le module de base du projet pouvait être groupé en immeuble urbain. L'équipe avait affûté ses plans, ses compositions de parois, ses facteurs U et ses méthodes de préfabrication. Elle avait approfondi ses calculs et ses simulations de consommation énergétique comme ses bilans carbone et énergie grise à l'échelle de ce projet de bâtiment collectif en y associant la question du transport. Les recherches alors en cours à l'INES avaient en effet identifié la convergence habitat-transport comme un sujet de recherche majeur, notamment eu égard à la question de l'autoconsommation et du stockage de l'électricité produite par voie solaire. La voiture électrique représentait un complément avantageux de l'habitat pour utiliser directement les surplus d'électricité produits localement, en même temps qu'elle fournissait une certaine capacité de stockage par le biais de sa batterie (Armadillo Box® fut d'ailleurs le seul projet de l'édition 2010 à présenter une voiture électrique associée au logement). Les résultats de recherche avait montré qu'en mutualisant les véhicules et en optimisant les toitures sur une parcelle urbaine donnée, l'immeuble serait limité à deux ou trois étages pour atteindre la meilleure corrélation entre production et consommation.
La recherche débouchait donc sur une ville idéale de faible densité ressemblant assez à nos banlieues actuelles. L'optimum énergétique semblait correspondre au modèle de la cité jardin horizontale. Frank Lloyd Wright semblait plus proche de la vérité avec *Broadacre City* que Le Corbusier avec le plan Voisin ? L'étalement urbain semblait inévitable dès lors que l'humanité poursuivait sa croissance exponentielle. La question de la sauvegarde des terres agricoles et des paysages, mais aussi celle de l'organisation de la chaîne alimentaire, pointaient alors leur nez et demandaient à rentrer sur la photo.
Avec Canopea® la réflexion s'est élargie et l'équipe, en collaboration avec les départements R&D de Schneider Electric et EDF a pu tester comment les échanges d'électricité à l'échelle du nouvel éco-quartier de la Presqu'île de Grenoble changeaient radicalement la donne et permettaient d'envisager une densité urbaine supérieure en même temps qu'ils amorçaient une solution d'effacement des pics de consommation. Le projet répondait alors à la question de l'étalement urbain dans les vallées iséroises, dont les effets négatifs sur les investissements en infrastructures, et sur la pollution de l'air due aux transports, pesaient lourd dans le bilan carbone final. En proposant une ville plus dense offrant les qualités de l'habitat individuel et un rapport direct avec la nature si prisé par les grenoblois, le projet ouvrait la porte sur de nouveaux horizons.
Vis-à-vis de la compétition c'était un pari stratégique osé : le *Solar Decathlon*, né aux USA, examinait traditionnellement le modèle de « la petite maison dans la prairie ». Proposer de l'adapter en Europe en déplaçant la question de recherche dans le domaine de l'habitat collectif et de la densité urbaine semblait faire sens mais encore fallait-il en convaincre les membres des jurys. C'est ce que les étudiants de la Team Rhône-Alpes ont réussi avec brio. Leur contribution aura même changé de manière significative la face du concours européen. Les prototypes représentant le haut d'un immeuble urbain seront en effet nombreux à Versailles.

Pascal Rollet



Le village solaire du *Solar Decathlon Europe* 2012.

6

Un concept né aux États-Unis

Le *Solar Decathlon* est une compétition universitaire internationale organisée depuis 2002 par le Département de l'Énergie du gouvernement des États-Unis (US DOE), dans le but de développer la transmission des savoirs et de la recherche dans le domaine des énergies renouvelables et notamment de l'énergie solaire appliquée à l'habitat. L'objectif est de faire concevoir et réaliser par des équipes universitaires pluridisciplinaires, composées d'urbanistes, d'architectes, d'ingénieurs, de communicants, de spécialistes en gestion immobilière et environnementale et de techniciens du bâtiment, encadrés par des enseignants et des chercheurs d'universités du monde entier en collaboration avec des professionnels et des industriels, une vingtaine de prototypes d'habitat à très hautes performances environnementales fonctionnant avec le soleil pour seule source d'énergie.
Les prototypes sont construits dans un



temps restreint (entre 9 et 14 jours suivant les éditions) et sont exposés au public pendant deux semaines. Durant cette période, ils subissent tests et épreuves qui permettent de désigner l'habitat le plus performant. Le *Solar Decathlon* est devenu, au fil des ans, un rendez-vous médiatique majeur, qui accueille plus de 300.000 visiteurs et s'est imposé comme la compétition internationale de référence dans le domaine de l'habitat durable.

Une diffusion mondiale

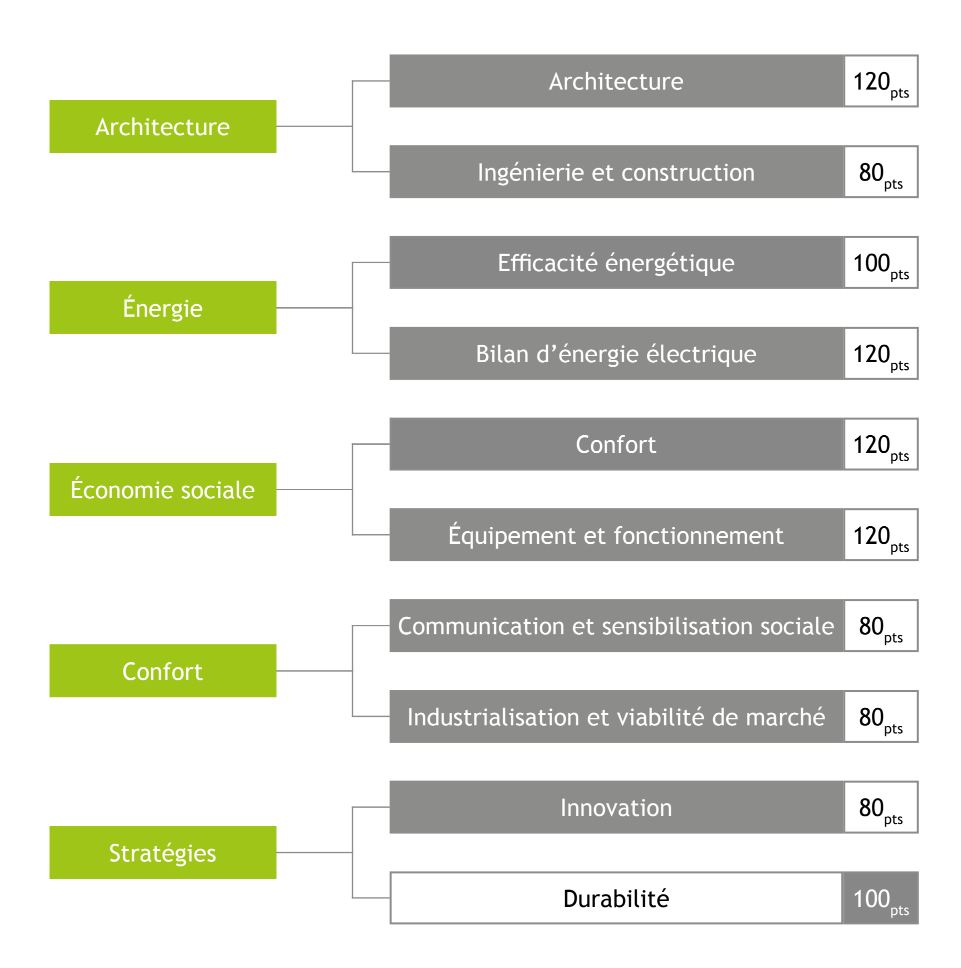
En 2008, les gouvernements espagnol et américain ont passé un accord pour organiser une édition européenne, en alternance avec la compétition américaine. Le *Solar Decathlon Europe* (SDE) a eu lieu pour la première fois à Madrid en juin 2010. Il s'est à nouveau tenu en Espagne en septembre 2012, et c'est à Versailles en France, qu'il aura lieu en 2014. Entre temps, deux éditions ont eu lieu simultanément en 2013 : aux États-Unis à Irvine (CA) et à Datong en Chine.

SOLAR DECATHLON COMPÉTITION ÉTATS-UNIS / EUROPE / ASIE

Dans un esprit similaire à celui des expositions universelles, l'objectif de la compétition est de montrer au grand public les résultats tangibles des recherches en cours sur les villes et l'habitat de demain. En même temps, il s'agit de former, par l'expérimentation pratique, les nouvelles générations de concepteurs à imaginer l'espace habité en prenant en compte tous les aspects du développement durable, tant sur le plan énergétique que sur le plan culturel, social et économique. L'événement démontre également qu'il est possible de construire des maisons respectueuses de l'environnement à un niveau d'industrialisation poussé, sans abandonner le confort, l'esthétique et la qualité de vie.
Comme l'indique son nom, le *Solar Decathlon* est une compétition évaluée selon dix critères à l'image d'un décathlon sportif.

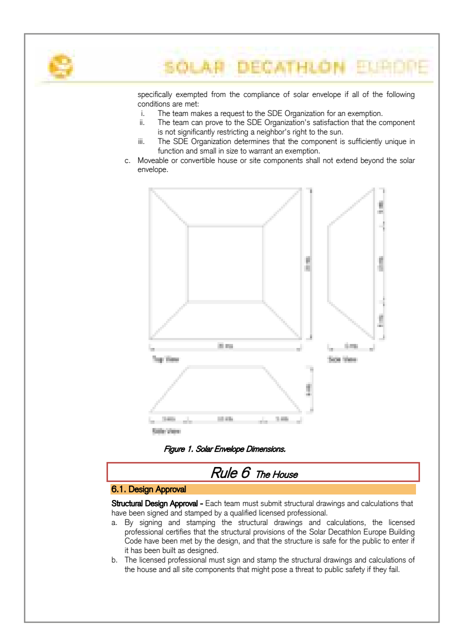
Le règlement

La compétition est régie par un règlement très précis, commun à toutes les équipes. Les principales règles (SDE 2012) sont les suivantes :
- le gabarit maximum représente une pyramide tronquée de 6 m de hauteur dont la base mesure 20 m x 20 m,
- l'emprise au sol ne doit pas dépasser 150 m²,
- la surface habitable doit être comprise entre 45 et 70 m²,
- les prototypes doivent être assemblés de 9 jours à 14 jours,
- la puissance photovoltaïque installée est de 10kW maximum,
- le sol ne peut être creusé,
- la température doit être maintenue entre 23 °C et 25 °C pendant les périodes mesurées,
- l'humidité relative dans l'air doit



▲ Les 10 critères de la compétition *Solar Decathlon Europe*, notés sur un total de 1.000 points.

▼ Extraits de la version 5.0 du règlement de la compétition *Solar Decathlon Europe* 2012.



SOLAR DECATHLON EUROPE

specifically exempted from the compliance of solar envelope if all of the following conditions are met:

i. The team makes a request to the SDE Organization for an exemption.
ii. The team can prove to the SDE Organization's satisfaction that the component is not significantly restricting a neighbor's right to the sun.
iii. The SDE Organization determines that the component is sufficiently unique in function and small in size to warrant an exemption.

c. Moveable or convertible house or site components shall not extend beyond the solar envelope.

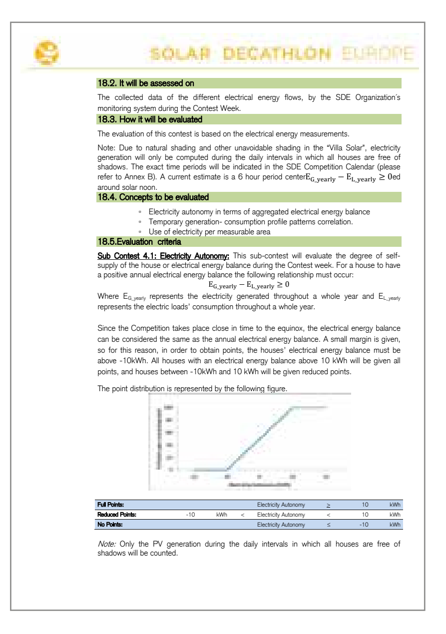
Figure 1. Solar Envelope Dimensions.

Rule 6 The House

6.1. Design Approval

Structural Design Approval - Each team must submit structural drawings and calculations that have been signed and stamped by a qualified licensed professional.

a. By signing and stamping the structural drawings and calculations, the licensed professional certifies that the structural provisions of the Solar Decathlon Europe Building Code have been met by the design, and that the structure is safe for the public to enter if it has been built as designed.
b. The licensed professional must sign and stamp the structural drawings and calculations of the house and all site components that might pose a threat to public safety if they fail.



SOLAR DECATHLON EUROPE

18.2. It will be assessed on

The collected data of the different electrical energy flows, by the SDE Organization´s monitoring system during the Contest Week.

18.3. How it will be evaluated

The evaluation of this contest is based on the electrical energy measurements.

Note: Due to natural shading and other unavoidable shading in the "Villa Solar", electricity generation will only be computed during the daily intervals in which all houses are free of shadows. The exact time periods will be indicated in the SDE Competition Calendar (please refer to Annex B). A current estimate is a 6 hour period center$E_{G_yearly} - E_{L_yearly} \geq 0$ed around solar noon.

18.4. Concepts to be evaluated

- Electricity autonomy in terms of aggregated electrical energy balance
- Temporary generation- consumption profile patterns correlation.
- Use of electricity per measurable area

18.5.Evaluation criteria

Sub Contest 4.1: Electricity Autonomy: This sub-contest will evaluate the degree of self-supply of the house or electrical energy balance during the Contest week. For a house to have a positive annual electrical energy balance the following relationship must occur:

$$E_{G_yearly} - E_{L_yearly} \geq 0$$

Where E_{G_yearly} represents the electricity generated throughout a whole year and E_{L_yearly} represents the electric loads' consumption throughout a whole year.

Since the Competition takes place close in time to the equinox, the electrical energy balance can be considered the same as the annual electrical energy balance. A small margin is given, so for this reason, in order to obtain points, the houses' electrical energy balance must be above -10kWh. All houses with an electrical energy balance above 10 kWh will be given all points, and houses between -10kWh and 10 kWh will be given reduced points.

The point distribution is represented by the following figure.

Full Points:				Electricity Autonomy	≥	10	kWh
Reduced Points:	-10	kWh	<	Electricity Autonomy	<	10	kWh
No Points:				Electricity Autonomy	≤	-10	kWh

Note: Only the PV generation during the daily intervals in which all houses are free of shadows will be counted.

être maintenue à une valeur comprise entre 40% et 55%,
- des niveaux de performances sont également requis dans de nombreux autres domaines, notamment en acoustique, en qualité lumineuse ou encore en qualité d'air.
Sept des dix épreuves sont évaluées par des jurys internationaux sur la base des études réalisées par les équipes pour la situation locale du projet, présentées lors des visites des prototypes.
Les trois épreuves restantes sont évaluées sur la base de séries d'enregistrements de données physiques réalisés par des capteurs placés dans les prototypes. Ces épreuves sont destinées à observer le comportement réel de chaque prototype, dans des conditions de fonctionnement proches de l'utilisation normale d'un habitat. Les données relevées sont comparées aux exigences définies par le règlement de la compétition pour établir un classement dans les épreuves de « maintien des conditions de confort », de « fonctionnement de la maison » et de « balance électrique ».


7


8


9



10

7 - Guillaume Pradelle présente le projet Armadillo Box® au jury architecture composé de Lisa Hutton, Glenn Murcutt et Francisco Mangado lors du SDE 2010.

8 - Le jury communication et sensibilisation sociale composé de Jane Kolleeny, Daniel Sieberg et Miguel Angel Valladares écoute Fanny Jacquet présenter Canopea® lors du SDE 2012.

9 - L'épreuve « puisage d'eau chaude » du critère « équipement et fonctionnement » lors du SDE 2012. Chaque jour de la compétition, les équipes doivent effectuer un puisage de 50 litres d'eau à une température supérieure à 53°C en moins de 10 minutes.

10 - Le panneau des scores du SDE 2012. Les scores sont mis à jour après chaque résultat de jurys et d'épreuves.

SOLAR DECATHLON
COMPÉTITION
ÉTATS–UNIS / EUROPE / ASIE

Solar Decathlon Europe: Amazing Growth and Impact!

With the third Solar Decathlon Europe about to begin in June 2014, I am overwhelmed with the competition's growth over the past decade.

208 Total Solar Decathlon teams, including those at international competitions, since 2002.
32.000 Estimated total number of students and faculty participating on Solar Decathlon teams, including those at international competitions, since 2002.

We started with 14 pioneering teams on the National Mall in Washington, DC. The year was 2002. It was the start of a new millennium. The goal was to prove that solar energy can power your home and lifestyle. We wanted to teach aspiring architects and engineers how to build a better world. Leaders were needed to rebuild the twentieth century built on the promise of plentiful, risk-free fossil fuels. After a century of use the costs of producing more carbon are high, and so are the risks.

What do we do now? Who, and how, are we going to redesign the world we live in ?

The 14 pioneering university schools of architecture and engineering in the 2002 Solar Decathlon demonstrated creative, inspiring homes powered by the sun. Their success led to five additional competitions in the United States. In 2010 and 2012, the first Solar Decathlon competitions in Europe were held with equal success. The European designs were very innovative. The fresh ideas gave renewed vigor to the clean energy debate. The impact was immediate, and significant.

An important contribution of the European competitions is that the challenge to design the best solutions expanded beyond a single country to many countries. Climate change is a global problem because we all share the same atmosphere. The only way to reverse climate change is to have everyone work together. Solar Decathlon Europe, with its strong international participation, greatly expanded its educational impact. For this reason the European competitions give me great satisfaction. I will be forever grateful to the leadership in Europe for helping the Solar Decathlon benefit many more people. Merci beaucoup !

Richard King
Director Solar Decathlon
U.S. Department of Energy

Richard King, lors de la cérémonie finale du *Solar Decathlon Europe* 2012.



SOLAR DECATHLON
COMPÉTITION
ÉTATS-UNIS / EUROPE / ASIE

Solar Decathlon Europe - the European commitment

The Technical University of Madrid (UPM) has participated in three editions of the US SOLAR DECATHLON in 2005, 2007, and 2009. As a result of the active participation and commitment of the UPM, in October 2007, during the 2007 competition, a Memorandum of Understanding (MOU) was signed between the Spanish Government and the American Government in the CASA SOLAR, to organize the first two editions of the competition in Madrid, aimed mainly at European universities. Those are the renowned SOLAR DECATHLON EUROPE Competitions, held in Madrid in 2010 and 2012.

On behalf of the Spanish Government, through the Ministry of Housing, the Technical University of Madrid was required to organize both editions of the SDE competition, under two clear and ambitious objectives, in connection with the European commitment concerning the 20/20/20 objectives :

- Promoting the innovation and knowledge generation to improve energy efficiency of buildings, the integration of renewable Énergies, and sustainable conditions of cities and buildings; transferring all that knowledge to the industry and professionals, with the aim of generating a critical mass of technicians whom integrate them in their daily activities.
- Taking advantage of the social and media interest aroused by the Competition, to make people aware of the importance of a responsible use of energy, improving energy efficiency of our buildings, integrating renewable energy, and creating a more sustainable world all together.

With these specifications in mind, we developed an enterprising strategy that would support the competition with all type of activities designed to disseminate information and promote social awareness. However, the main difference with the American competition approach has been to involve Teams, as well as other Spanish and European agents, in the achievement of these common objectives: sharing responsibilities, becoming a focus of influence in their environment, making the competition a common European challenge, and taking advantage of the potential synergies. Moreover, we launched and leaded a European project to develop activities in other European countries, promoting innovation and sustainability, encouraging the innovation and research, etc.

Regarding the competition, we adapted the original format to European sensitivity, introducing new contests such as Innovation, Sustainability or Energy Efficiency; and modifying others such as Engineering & Construction, Communication & Social Awareness, Industrialization & Market Viability, Electrical Energy Balance and Comfort Conditions. In the last edition, SDE 2012, we made special emphasis on energy efficiency issues, trying to meet a much more sustainable approach for the cities' necessities; seeking more density buildings solutions, incorporating the electric car and sustainable mobility, developing Smart Grids, …

From a dissemination point of view, we launched the European 10ACTION project, and developed a large number of activities in 12 different European countries, organized by 10ACTION and SOLAR DECATHLON EUROPE. The global results of these two projects and their corresponding activities is impressive : acquiring involvement with companies, and public and private institutions from over 22 countries ; having 48 universities from all over the world participating in the SOLAR DECATHLON EUROPE ; counting with the support of 3.000 volunteers whom helped organize the competition and other activities ; involving more than 25.000 children and teenagers whom played and participated in activities; organizing conferences, workshops, and courses with more than 25.000 professionals from the construction sector participating ; having approximately 192.000 visitors to the Solar Decathlon Europe 2010 and 220.000 visitors in the year 2012 ; developing activities in 12 European countries with over 145.000 people (general public) participating. Moreover, there were 10.000 media impacts of Solar Decathlon Europe and 10Action estimated in the world, of which almost 4.000 were directly from within Spain; and more than 800.000 visitors to the websites of SOLAR DECATHLON EUROPE and 10ACTION, during the final phase of the SOLAR DECATHLON EUROPE 2012 Competition. There were also 124.000 followers on Facebook, over 120.000 followers on Twitter, 5.700 hits on the SDE2012 blog, 2.380.000 Google hits, 7.810 videos, 156.000 images, 59.700 results in blogs, 2.810 results in discussion forums, 255 videos in Vimeo, 291 videos on YouTube... This gives an idea of the international approach obtained and is an important result considering

the messages associated with each and every single one of the activities developed.

Such successful results have been reached due to the hope, creativity, energy, conviction, generosity and enthusiasm of thousands of university students who have worked together in this challenge to improve sustainability in our buildings and cities. Furthermore, Team Rhône-Alpes has participated in both European Competitions, winning the last one and becoming a very clear example of success participation, with an educational program that has contributed to a young generation of architects and engineers committed with their environment.

This achievement will continue with their active participation in the organization of the next SOLAR DECATHLON EUROPE 2014 Competition, to be held in Versailles in early July. Hopefully, thousands of new students will be again involved for active sustainable movement.

CANOPEA®'s example of successful story, their students and their commitment with the future, give sense to SOLAR DECATHLON EUROPE Competition and their objectives. CANOPEA® success is ours too. It's European Commitment. My sincere congratulations again,… Chapeau !!!

Sergio Vega
Project Manager SDE

Sergio Vega, lors du workshop de lancement du *Solar Decathlon Europe* 2012



12

LES PROJETS LAURÉATS DES SOLAR DECATHLON



13



14



15



16



17



18

13 - SD 2002 : University of Colorado (États-Unis)
14 - SD 2005 : University of Colorado (États-Unis)
15 - SD 2007 : Technische Universität Darmstadt (Allemagne)
16 - SD 2009 : SURPLUSHOME - TU Darmstadt (Allemagne)
17 - SD EUROPE 2010 : LUMENHAUS - Virgina Tech (États-Unis)
18 - SD 2011 : WATERSHED - University of Maryland (États-Unis)

19



20



21

19 - SD EUROPE 2012 : CANOPEA® - Team Rhône-Alpes (France)
20 - SD 2013 : LISI - Technische Universität Wien (Autriche)
21 - SD CHINA 2013 : THE ILLAWARRA FLAME - University of Wollongong (Australie)

SOLAR DECATHLON EUROPE 2010
ARMADILLO BOX®
UN PROJET PRÉCURSEUR

C'est en septembre 2008 que l'équipe « Architecture et Cultures Constructives », en collaboration avec les laboratoires de recherche CRAterre et Cultures Constructives de l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble (ENSAG), décide de créer la première équipe française participant à un *Solar Decathlon*, à l'occasion de la première édition européenne de la compétition en 2010 à Madrid.

Partie d'une initiative de l'ENSAG, l'équipe s'articule autour de deux autres porteurs que sont :
- Les Grands Ateliers de l'Isle d'Abeau (GAIA), une plateforme technologique dévolue à l'expérimentation dans le domaine de la construction et de l'architecture,
- L'Institut National de l'Énergie Solaire (INES), centre européen de R&D et de formation, missionné par le gouvernement français pour développer toutes les formes de technologies solaires.

D'autres établissements (universités, instituts, écoles supérieures..), pour la plupart situés en région Rhône-Alpes, sont venus compléter cette équipe.

Cette première participation au *Solar Decathlon Europe* a agi comme un puissant catalyseur de toutes les énergies des acteurs gravitant autour de la question de la construction durable et de l'habitat en général. Cela a permis de faire collaborer des étudiants, enseignants et chercheurs en architecture, ingénierie et management, des industriels, des entrepreneurs… qui se sont mobilisés pendant deux ans, afin de concevoir et construire un projet commun : l'Armadillo Box®.



22



L'équipe d'étudiants, enseignants et chercheurs au mois de juin à Madrid en 2010, lors de la première édition européenne du *Solar Decathlon*.

ARMADILLO BOX®
LE CONCEPT « CORE/SKIN/SHELL »

La stratégie architecturale adoptée par l'équipe pour répondre au SDE 2010 est de proposer un habitat éco-responsable, économique adaptable à sa localisation géographique et à son milieu culturel, qui intégre la mobilité. Cette stratégie repose sur trois objectifs principaux :

1 - Créer une architecture locale « éco-responsable » adaptée aux conditions culturelles et matérielles de son milieu. Concevoir l'habitat comme une pièce vitale du puzzle de l'aménagement d'un territoire et d'un paysage, et non comme un produit coupé de son contexte. Intégrer dans la démarche la question de la densité et de la diversité des modes d'habiter, en maison individuelle à la campagne (rêve de 86% des français), en maisons regroupées en périphérie des villes, ou en immeubles collectifs en milieu urbain.

2 - Créer une architecture à faible impact énergétique en minimisant les besoins du logement en ressource et en fonctionnement, mais aussi en minimisant l'impact du chantier et des transports nécessaires pour la réalisation. Tirer parti des gains passifs (orientation au sud, protections solaires, géothermie) autant que des systèmes actifs (panneaux solaires, pompe à chaleur, automatismes...) pour optimiser le régime de consommation toute l'année et assurer un bilan positif.

3 - Réduire les coûts de construction afin de créer des habitats solaires auto-suffisants à prix abordable par la plus grande partie de la population. Pour cela, miser sur une organisation qui réduit les temps de chantier et tirer parti d'outils de production variés et complémentaires.

3 objectifs
- architecture éco-responsable LOCALE
- architecture à FAIBLE impact environnemental
- RÉDUIRE les coûts de construction

Les objectifs du projet Armadillo Box®.

L'idée est de faire cohabiter dans un même projet l'industrialisation de composants, le recours à la préfabrication par des entreprises spécialisées hautement qualifiées et équipées en CNC, l'artisanat, comme l'auto-construction assistée, afin de s'adapter aux conditions locales de fabrication. Le projet marie donc des procédés *low-tech* économiques avec des dispositifs *high-tech* très performants.

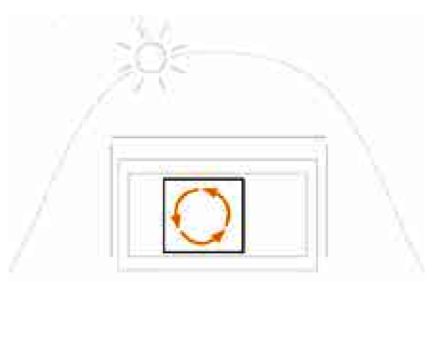
Pour appliquer cette stratégie, trois orientations ont été définies. Elles aboutissent à une rationalisation de la production d'Armadillo Box® permettant de minimiser les coûts de construction. Le projet est basé sur une décomposition tripartite *Core/Skin/Shell* de la construction de manière à faire appel aux outils de production les plus adaptés pour chacune de ces parties.

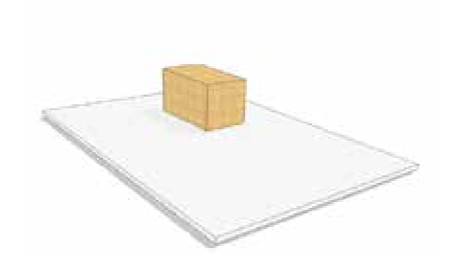
CORE (le cœur) : bloc central, contenant tous les équipements techniques complexes, qui peut être produit industriellement, en usine et sur une chaîne de montage, n'importe où dans le pays. Ce composant industriel *high-tech* est mis en place en une seule pièce sur le chantier après avoir été acheminé sur une semi-remorque surbaissée ou par ferroutage.

SKIN (la peau) : enveloppe générale de la maison qui peut être construite sur site par une main d'œuvre peu qualifiée encadrée par des artisans ou des entrepreneurs locaux très performants. L'auto-construction assistée paraît en effet être un moyen significatif de réduire les coûts. Aujourd'hui en France, les gens disposent plus facilement de temps que de moyens financiers.
L'enveloppe de la maison est pensée à partir de technologies très simples et utilise des matériaux à base de bois locaux. C'est la partie *low-tech* du projet.

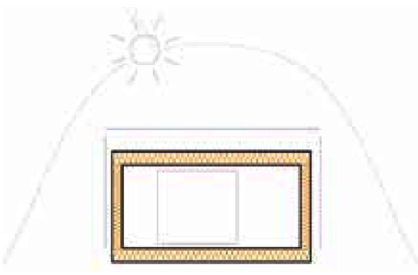
SHELL (la coque ou le bouclier) : deuxième partie *high-tech* du projet, qui supporte les panneaux photovoltaïques et les stores de protection solaire latéraux, et peut être entièrement préfabriquée par des entreprises locales de construction métallique équipées d'outils de production à commande numérique (CNC), elle est assemblée rapidement sur site par des moyens mécaniques.

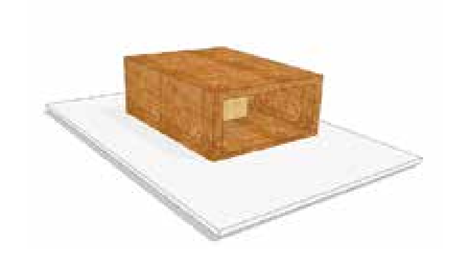
Combinées ensemble, ces trois entités, produites selon des processus très différents et grâce à des procédés techniques faisant appel à des savoir-faire variés, permettent une construction rapide. La part prépondérante du coût de construction final étant liée au coût de la main d'œuvre, l'économie maximale est réalisée grâce à la réduction du temps de montage sur site.



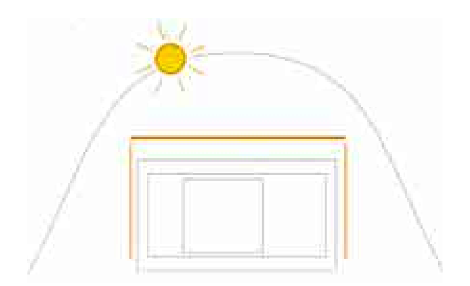


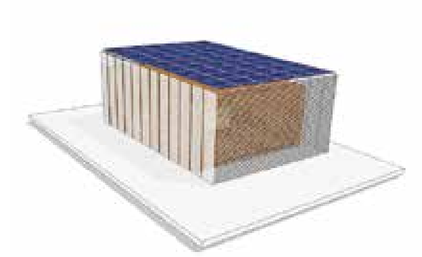
CORE : noyau technique préfabriqué accueillant la machinerie et les fluides.





SKIN : enveloppe thermique low-tech et low-cost auto-construite assurant l'isolation, l'étanchéité à l'air et à l'eau.





SHELL : bouclier high-tech protecteur et capteur d'énergie solaire.



Le concept du *CORE/SKIN/SHELL*.

ARMADILLO

Armadillo est un mot espagnol signifiant littéralement « petit en armure ». Il fait référence aux écailles recouvrant le dos, la tête, les pattes et la queue du tatou. Ce sont les caractéristiques physiologiques poussées de cet animal particulier qui ont inspiré le projet.
Le tatou vit dans des climats chauds et tempérés, y compris en forêt tropicale, prairie et zones semi désertiques. Grâce à son métabolisme lent, il ne produit que très peu de chaleur. De plus, il régule sa chaleur interne en refroidissant le sang chaud partant du cœur par les artères, par du sang frais arrivant des pattes en contact avec le sol, dans un réseau de veines qui s'enroulent autour des artères. Ce « réseau miraculeux » (*Rete Mirabile* en latin) évoque un système double-flux interne... et tire parti des échanges thermiques avec la masse tellurique de notre planète.

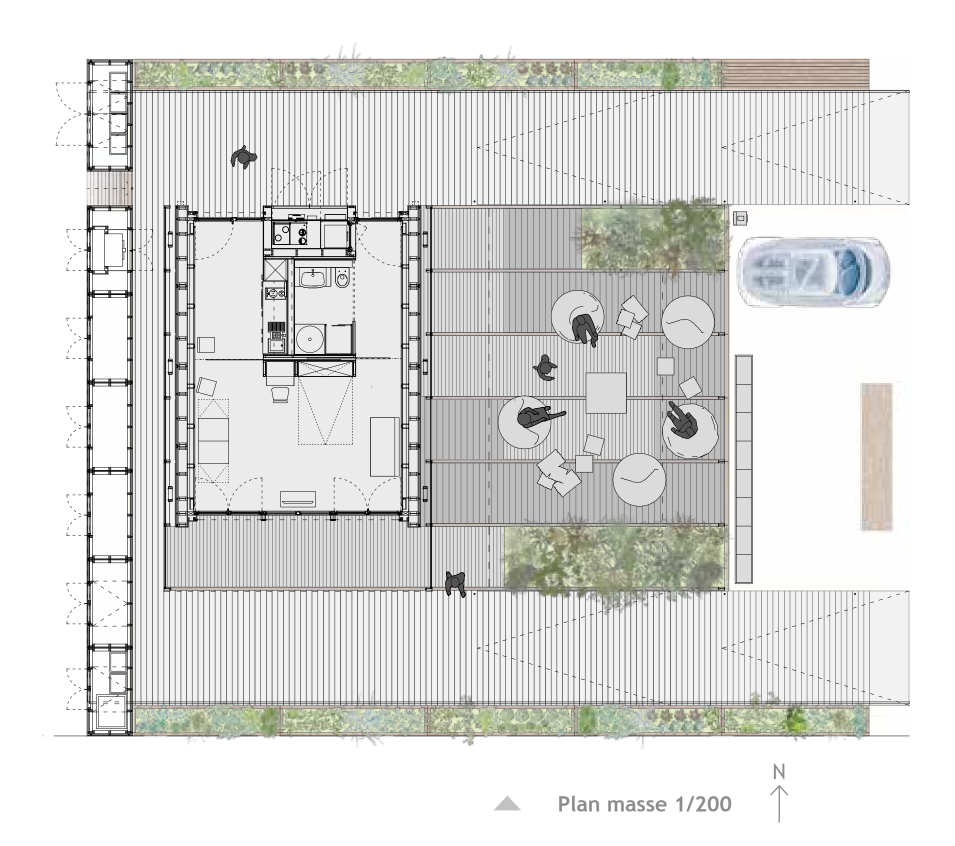


23

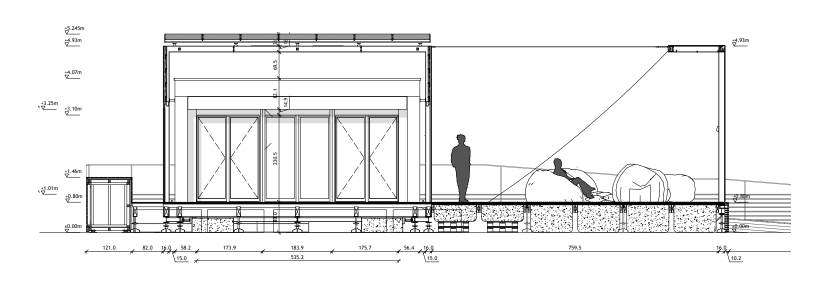
L'*Armadillo*, nom espagnol du Tatou, avec sa carapace souple qui le protège.

SOLAR DECATHLON EUROPE 2010
ARMADILLO BOX®
LES PROLONGEMENTS EXTÉRIEURS

La maison se situe à l'Ouest de la parcelle et est orientée Nord-Sud. Cet emplacement permet de dégager un large espace extérieur qui est aménagé comme une seconde maison extérieure.
L'entrée du logement se trouve au Nord. L'emprise au sol du bâtiment est de 74m² et sa surface habitable est de 43m². Cette proportion dégage une loggia extérieure, couverte et ouverte au Sud.
Le logement se situe sur une plate-forme à laquelle on accède par des rampes accessibles aux PMR. Le salon végétal extérieur occupe la partie Ouest de la parcelle. Il est en continuité directe avec la loggia Sud. On peut s'allonger dans l'herbe, se reposer dans des poufs en tissu, lire dans un hamac. C'est un espace de vie indissociable de la maison qui double ainsi sa surface habitable.
Il est protégé par un vélum vertical et horizontal qui forme un écran de protection à l'Est et dont certaines parties sont amovibles pour protéger du soleil au fil de la journée. Le sol du salon végétal est composé d'un caillebotis de bois placé au-dessus d'un tapis d'herbes qui stockent de l'humidité. Un microclimat crée des conditions de confort extérieur.
Les rampes sont bordées par deux grandes jardinières linéaires dans lesquelles les habitants peuvent cultiver un jardin potager, des plantes aromatiques, des fleurs. Le système d'arrosage des jardinières fonctionne à l'énergie solaire de manière autonome.
Une bande de terrain située en limite de parcelle Ouest, comporte un emplacement pour une voiture électrique près de l'entrée principale. Une borne de branchement sur les systèmes solaires de la maison permet l'interface voiture/maison. Cette interface est destinée à fonctionner dans les deux sens. La voiture peut se recharger durant la journée grâce à la production de la maison. Mais la maison peut aussi se servir de la voiture - et notamment de sa batterie - comme d'une réserve de stockage de secours. La voiture devient une annexe énergétique de la maison...
La bordure Ouest de la plate-forme constitue un grand rangement technique dans lequel on peut stocker le mobilier de jardin, le barbecue solaire, les parasols, les jeux des enfants, une piscine gonflable.
On réapprend à vivre dehors...



Plan masse 1/200
N



Coupe/élévation sud 1/200

24



25



26

24 - Le prototype Armadillo Box® exposé lors du *Solar Decathlon Europe* 2010 à Madrid.
25 - Le salon extérieur est protégé du soleil et du vent par un velum.
26 - Les rampes sont bordées de jardinières qui contiennent un potager alimenté en eau par un système de pompes solaires autonomes.

SOLAR DECATHLON EUROPE 2010
ARMADILLO BOX®
UN ESPACE MODULABLE

Le logement proposé a été conçu pour deux personnes. Il s'organise autour du noyau technique qui est au cœur d'un espace libre. Ce noyau est placé en partie Nord de l'espace habitable et regroupe tous les équipements :
- un bloc technique contenant les éléments nécessaires au fonctionnement du logement (machine compacte, tableau électrique, buanderie : lave-linge et sèche-linge). Ces éléments dégageant beaucoup de chaleur et de bruit sont regroupés et isolés du reste du logement.
- une cuisine équipée,
- une salle d'eau (douche + WC),
- un bureau, des rangements.

C'est le déploiement de ce noyau qui organise l'espace intérieur.
En journée, il est fermé et on occupe librement l'espace du logement.
Le soir, on l'ouvre pour séparer l'espace principal en deux et on déplie le lit depuis le noyau.
La face avant du *Core* comporte un lit repliable. Elle intègre également une alcôve pour le bureau et un rangement accessible depuis le séjour. Deux parois coulissantes intégrées dans le *Core* permettent de séparer la cuisine et la salle d'eau de la zone de séjour si on le souhaite. Du côté cuisine cette paroi évite la transmission des odeurs et minimise la propagation de l'humidité dans la maison. Elle assure à chacun le choix de la configuration spatiale qui lui convient. Certains aiment cuisiner à la vue de tous. D'autres préfèrent la confidentialité d'une cuisine fermée. Du côté des toilettes, trois panneaux coulissant dégagent l'espace de bains. La circulation de 120 cm de large qui sert d'accès est alors réintégrée dans l'espace de la salle de bain qui double ainsi de volume et prend la lumière directement par la grande baie Nord-Est.
L'espace de séjour fonctionne en plan libre. Le mobilier est déplaçable pour permettre des reconfigurations rapides selon les envies des habitants. Le grand spectacle de cet espace, c'est l'ouverture vers le Sud et sa loggia protégée. Une continuité spatiale permet d'agrandir la petite maison en faisant rentrer le dehors dedans, ou inversement...

De part et d'autre, des murs enduits de terre composent des surfaces lisses ou granuleuses, chaudes ou glacées, suivant les choix esthétiques de chacun.
La lumière naturelle pénètre abondamment dans le séjour par le Sud et par les baies Nord, mais des systèmes de fermeture à lames orientables permettent aux habitants de la moduler à leur guise, tout en assurant la ventilation naturelle et la sécurité. Au Sud, les grandes baies comportent des doubles ouvrants qui mettent l'intérieur et l'extérieur en relation directe. Au Nord, elles éclairent la cuisine et la salle de bain.





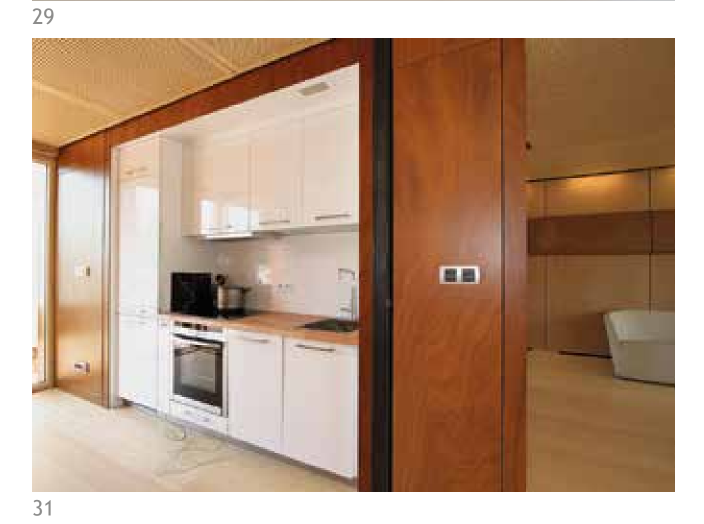

▲ Schémas montrant différentes configurations spatiales possibles à l'intérieur du logement.


27


28


29


30


31

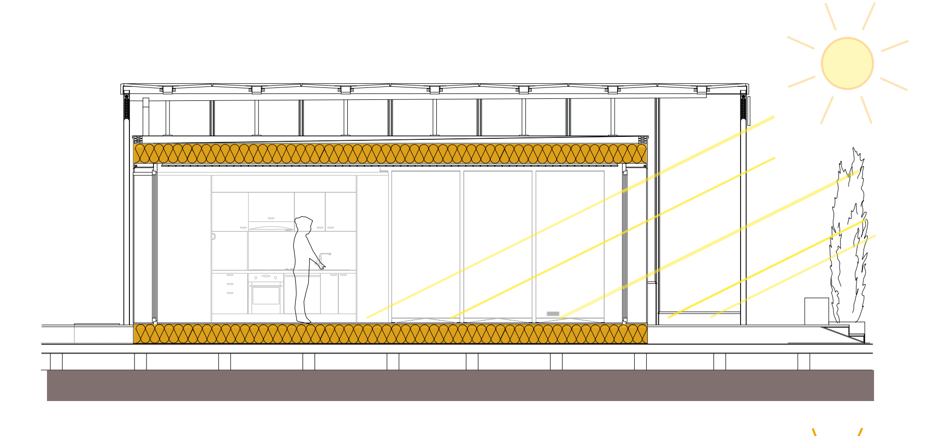

32

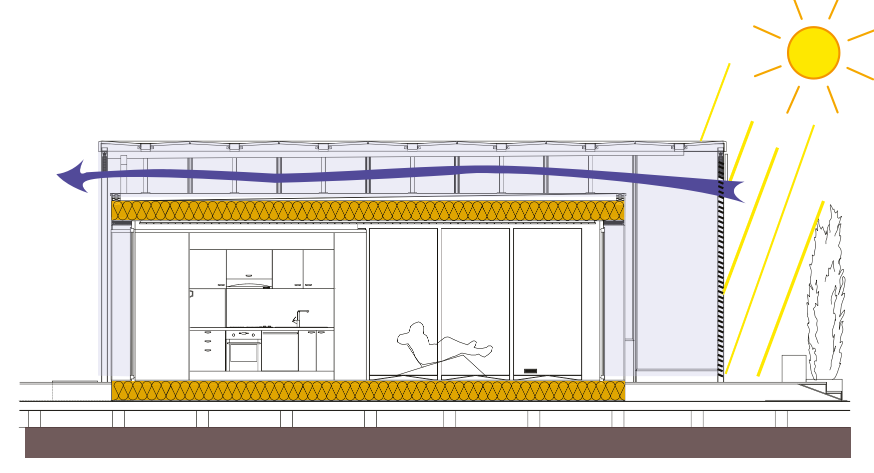
27 - Le logement est traversant Nord/Sud. Un noyau technique se situe au cœur de l'espace de vie.
28 - Une alcôve accueillant un bureau est ouverte sur le séjour et le lit escamotable est replié dans son meuble.
29, 30 - Les murs intérieurs Est/Ouest sont revêtus d'un enduit en terre crue qui joue un rôle important dans la régulation de l'humidité ambiante et le maintien d'une certaine fraîcheur en période estivale chaude.
31, 32 - La cuisine et la salle de bain, parties intégrantes du noyau technique, s'ouvrent sur l'espace de vie. Des parois coulissantes en verre, situées de chaque côté, permettent de fermer l'espace.

SOLAR DECATHLON EUROPE 2010
ARMADILLO BOX®
STRATÉGIES ÉNERGÉTIQUES

L'objectif des stratégies passives mises en place est de minimiser les besoins en chauffage et en rafraîchissement en fonction des saisons.
L'Armadillo Box® est le fruit d'une architecture bioclimatique réfléchie. Le volume de vie est très compact, orienté Nord/Sud, et intègre des espaces tampons en façade Sud et entre toiture et sur-toiture.
Une enveloppe très isolante et étanche évite toutes déperditions, et des dispositifs d'occultation permettent de se protéger du soleil ou, au contraire, de capter le rayonnement selon les besoins (été/hiver).

L'enveloppe isolante est constituée d'une structure bois, d'une isolation et d'une sur-isolation, d'une étanchéité à l'air et à l'eau et de menuiseries très performantes.
L'enveloppe isolante est réalisée en ossature bois à partir de poutres et de poteaux en I de 240 mm de hauteur, assemblés par des connecteurs en contre-plaqué cloués pour former des portiques. Les portiques sont assemblés entre eux par des parements cloués en OSB4 (sans formaldéhyde). L'ensemble forme une boîte rigide ouverte sur les faces Sud et Nord et pleine sur les deux faces Est et Ouest.
Les parois sont remplies avec 240 mm d'isolant en laine de bois afin d'obtenir un meilleur confort d'été grâce au déphasage induit par l'inertie du matériau. Les poutres arrivent, quant à elles, avec l'âme déjà isolée par de la fibre de bois collée en usine. Des panneaux semi rigides de 60 mm de large sont appliqués en sur-isolation intérieure. La continuité de l'isolation en fibre de bois est particulièrement vérifiée afin qu'aucun pont thermique n'apparaisse dans l'enveloppe.
Un pare-vapeur protège la face intérieure de la condensation. Un pare-pluie protège la face extérieure. Ces deux membranes sont scellées avec des bandes adhésives pour créer une étanchéité à l'air parfaite.
En façades Nord et Sud, des menuiseries (Optiwin®) triples vitrages avec double lame d'argon en bois/alu viennent obturer les ouvertures.





▲ En hiver (en haut)

Capter : Une grande baie vitrée au Sud permet de capter le rayonnement solaire direct dans la journée.

Conserver : L'isolation performante permet d'éviter les déperditions de chaleur et donc de limiter les besoins en chauffage.

Stocker/diffuser : Les panneaux terre en intérieur stockent les calories dans la journée et les restituent la nuit.

▲ En été (en bas)

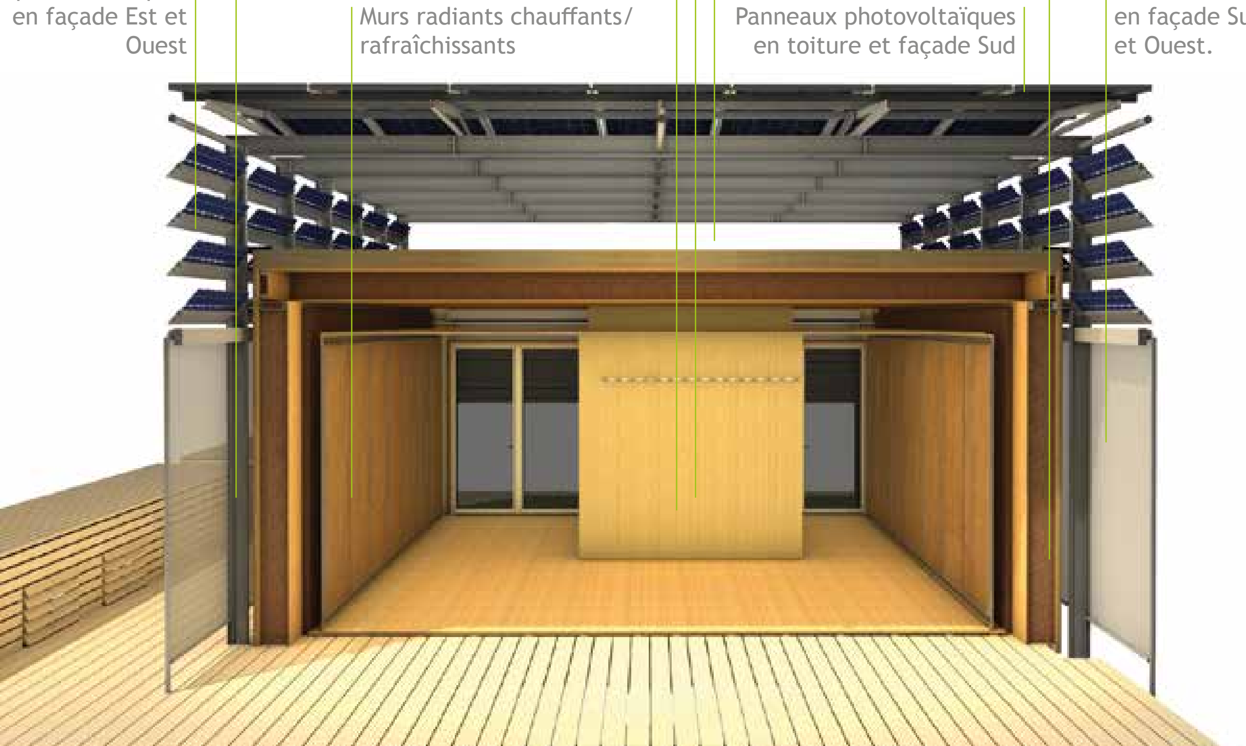
Se protéger : Les stores à lames orientables, les stores à enroulement en façade, les volets roulants ainsi que l'isolation thermique permettent de se prémunir des surchauffes extérieures. En toiture, un espace tampon ventilé permet de se protéger de la chaleur dégagée par les panneaux solaires.

Ventiler : La typologie traversante favorise la ventilation naturelle. La nuit, on peut ainsi rafraîchir les panneaux intérieurs en terre qui pourront ensuite restituer la fraîcheur dans la journée.

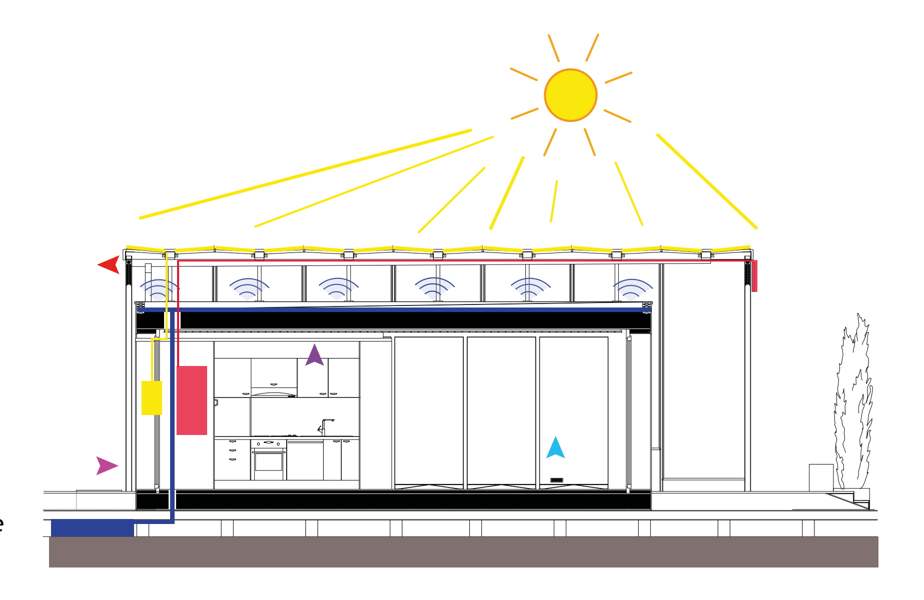
Côté intérieur, les parois sont habillées de panneaux radiants rafraîchissants en terre. Ces panneaux contiennent un réseau de tuyaux d'eau et sont recouverts par 30 mm d'enduit en terre crue apportant une certaine masse dans la construction légère en bois et permettant de contrôler la répartition des charges énergétiques dans l'espace et sur la durée.

Les baies vitrées sont équipées de volets roulants à lames orientables (Bubendorff). Les lames sont en aluminium isolé et peuvent s'ouvrir à 90° ou 45° pour ajuster le niveau d'éclairement naturel intérieur. Durant la nuit, ce dispositif permet une ventilation naturelle efficace tout en assurant la sécurité de la maison. La terre en façade extérieure stocke du froid ou du chaud selon les saisons afin de moins solliciter l'isolation thermique. Les stores à enroulement en toile précontrainte (Ferrari) à faible émissivité permettent, selon leur position, de réguler le rayonnement solaire direct puis de minimiser ou favoriser la décharge thermique des murs en terre.

Coupe/perspective du projet Armadillo Box®.



Les systèmes actifs combinent plusieurs technologies, mises en œuvre pour assurer les différentes fonctions nécessaires à l'autonomie, à la santé et au confort dans Armadillo Box®.



Coupe présentant les systèmes actifs installés dans le prototype.

Installation solaire :
102 m² de panneaux solaires photovoltaïques (Tenesol) sont installés en toiture et en façade. 6 rangées de 7 panneaux solaires photovoltaïques forment la sur-toiture. Ils sont orientés au Nord et Sud avec une pente de 5°. Une rangée supplémentaire de 7 panneaux est implantée verticalement en partie haute de la façade Sud, en continuité de la toiture. À l'Est et à l'Ouest, en partie haute également, des brise-soleil orientables sont composés de panneaux photovoltaïques laminés. Ces brise-soleil sont placés en position quasi verticale à 80° durant la journée et s'inclinent à 40° à la tombée de la nuit pour permettre la ventilation de la toiture photovoltaïque.
Cette centrale solaire permet de satisfaire les besoins annuels estimés à 6915 kWh pour le fonctionnement de la maison et d'un véhicule électrique.

Rafraîchissement par brumisation :
Deux rampes de brumisation sont placées dans le comble ouvert de la sur-toiture, en dessous des PV. Le système de brumisation d'eau propre permet, en augmentant l'hygrométrie de l'air et en consommant des calories lors de l'évaporation de l'eau, de rafraîchir la zone de sur-toiture. Ce rafraîchissement adiabatique du volume minimise les surchauffes et optimise la production des PV tout en diminuant les charges thermiques sur la toiture de la partie habitée. Un deuxième système de brumisation équipe le salon végétal. Ce circuit, destiné au confort du public, est indépendant de celui de la maison et fonctionne avec ses propres PV. Ce système consomme entre 7 et 28 litres par jour soit 5,6 % à 19 % de la consommation quotidienne.

Ventilation, chauffage, climatisation :
L'air intérieur est tempéré, régulé et assaini à l'aide d'un système compact pour maisons passives (Nilan) qui concentre :
- VMC double flux,
- pompe à chaleur sur air extrait,
- ballon d'eau chaude sanitaire.
Un système additionnel de panneaux radiants en terre est couplé à une seconde pompe à chaleur air/eau. La température interne à l'intérieur du prototype Armadillo Box® est régulée par les deux systèmes complémentaires de la ventilation double flux et des murs en terre (PAC air/air et PAC air/eau). L'air frais, pulsé en partie basse derrière les panneaux rayonnants, entraîne une circulation de l'air dans cette zone du mur et les échanges avec l'atmosphère ambiante s'en trouvent optimisés. La complémentarité des systèmes permet l'adaptabilité et l'efficacité quelle que soit la saison ou les conditions climatiques mais également le confort des résidents, notamment en évitant de ne gérer la température interne que par les débits d'air, ce qui peut se révéler inconfortable.

Le fonctionnement de la ventilation est, quant à lui, indissociable de l'architecture de l'Armadillo Box®. Afin d'isoler les espace producteurs de nuisances (odeurs, bruits, humidité...) par rapport à l'espace ouvert, ceux-ci sont mis en surpression. La répartition des caissons de soufflage et de reprise est optimisée par rapport à la configuration spatiale intérieure. L'air étant pulsé vers le bas et repris en partie haute du volume, un effet de piston améliore le renouvellement de l'atmosphère intérieure en évitant toute « zone morte ».

SOLAR DECATHLON EUROPE 2010
ARMADILLO BOX®
LES PROJETS D'HABITAT GROUPÉ ET COLLECTIF

La typologie (espace traversant avec murs Est et Ouest aveugles) a été pensée afin de favoriser la densification aussi bien horizontale que verticale du logement. Cela permet de répondre à différentes configurations urbaines, du logement individuel à l'habitat collectif.
L'enjeu du projet est ensuite d'étudier les possibilités d'autonomie énergétique lors des différentes hypothèses de densification.



La maison individuelle :
Elle est composée de deux modules espacés par une terrasse ouverte vers le Sud. Le premier module comporte le cœur technique, la cuisine et la pièce de vie commune. Le second comporte un bloc salle-de-bain et des chambres. Les deux modules sont reliés par une galerie-bibliothèque qui protège le côté Nord et s'ouvre sur la terrasse au Sud.



Les maisons en bande :
Elles sont composées chacune de deux modules superposés accolés les uns aux autres. Elles comportent un cœur technique avec cuisine en rez-de-chaussée et salle de bain à l'étage.

L'immeuble collectif R+2 :
Il est composé de logements sur trois niveaux et de dix véhicules électriques en auto-partage. Au-delà de cette hauteur, l'autosuffisance énergétique n'est plus assurée car les besoins additionnés de chaque logement deviennent supérieurs à la capacité de production d'énergie correspondant à la surface disponible en sur-toiture.



Déclinaisons du projet Armadillo Box® :
- en maison individuelle,
- en maison en bande,
- en immeuble collectif R+2.


33


34


35


36


37


38

Le prototype Armadillo Box® a été préfabriqué aux Grands Ateliers de l'Isle d'Abeau. Une équipe d'une quinzaine de personnes, composée d'étudiants, d'enseignants et de Compagnons du Tour de France, s'est attelée trois mois durant (mars 2010 - mai 2010) afin de mener à bien cet ambitieux chantier.

33 - Des poutres et des poteaux en I (Steico) sont assemblés en portiques.
34, 35, 36, 37, 38 - Ces portiques forment les 4 tranches du prototype. Les tranches sont ensuite contreventées avec des panneaux d'OSB (Krono), isolés et sur-isolés en laine et fibre de bois (Pavatex), étanchés avec un frein-vapeur et un pare-pluie (Proclima).


39


40

41

Le prototype Armadillo Box® a été assemblé une première fois aux GAIA afin de s'assurer de la parfaite imbrication des éléments construits. Cet assemblage « à blanc » a également permis de procéder à divers tests validant la performance du bâtiment : « *Blower Door Test* » pour l'étanchéité à l'air, test acoustique…

39 - Les fondations réglables sont mises en place.
40 - Les tranches de la maison sont posées sur les longrines en acier.
41 - Le *Core* vient se glisser à l'intérieur de la seconde tranche puis les troisième et quatrième tranches sont ajoutées afin de refermer l'espace de vie.

SOLAR DECATHLON EUROPE 2010
ARMADILLO BOX®
PRÉFABRICATION AUX GAIA


42


43

44

42, 44 - L’exo-structure métallique est assemblée autour de la boite en bois et vient supporter la toiture PV (Tenesol), les stores textiles (Somfy et Ferrari) et les lames orientables photovoltaïques (SAB et Tenesol) en façade.

43 - Les travaux continuent à l’intérieur du prototype : pose des menuiseries (Menuiseries André) et façade Nord et Sud, pose du faux plafond, des réseaux, des panneaux radiants en terre…

45



46



47

45, 46, 47 - La compétition approchant, le prototype Armadillo Box® est désassemblé, conditionné puis mis sur camions afin d'être transporté à Madrid. Chaque élément a été dessiné puis construit afin d'être transportable et rapidement assemblable.

SOLAR DECATHLON EUROPE 2010
ARMADILLO BOX®
L'ASSEMBLAGE À MADRID

48



49



50

48 - Un chantier plein de grues, de camions, des étudiants du monde entier, l'équipe grenobloise est bien à la première édition européenne du *Solar Decathlon* se déroulant à Madrid.

49, 50 - L'équipe a neuf jours et nuits pour assembler le prototype sur place. Divisée en trois groupes pour travailler jour et nuit, elle s'active pour suivre un planning d'assemblage minutieusement préparé.



51



52

53



54



55



56

51, 52, 53 - Les tranches en bois formant le volume principal du prototype sont rapidement assemblées.
54, 55, 56 - Les aménagements extérieurs, qui n'ont pu être testés au préalable aux GAIA faute de place, sont assemblés pour la première fois. Tout le monde s'y met : étudiants, enseignants, renforts d'étudiants d'autres promotions.

SOLAR DECATHLON EUROPE 2010
ARMADILLO BOX®
L'ASSEMBLAGE À MADRID


57


58


59

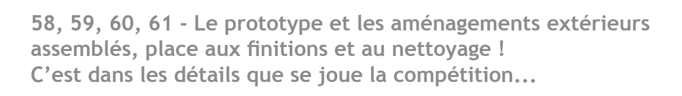
57 - Après avoir bénéficié des conditions de travail des GAIA : outillage à disposition, espaces de travail abrités, l'équipe se trouve confrontée aux aléas météorologiques et s'organise pour ne pas prendre l'eau.



60



61



**58, 59, 60, 61 - Le prototype et les aménagements extérieurs assemblés, place aux finitions et au nettoyage !
C'est dans les détails que se joue la compétition...**

62



63



64

Le prototype est fini dans les temps : quelle course ! Après inspection de la maison, l'organisation madrilène autorise l'équipe grenobloise à participer au SDE 2010.



65



66

67

Aux questions de l’habitat à énergie positive et de l’architecture durable posées par le *Solar Decathlon*, l’équipe grenobloise a associé les questions de mobilité, d’autonomie alimentaire, de prolongement d’espaces de vie intérieurs vers l’extérieur… L’aménagement extérieur du prototype retranscrit ces orientations.



68



69

70

68, 69, 70, 71, 72 - Le prototype est présenté au grand public. Dans le même temps, la compétition bat son plein : visites de jurys, tâches à effectuer, prises de mesures, repas dans le prototype avec d'autres équipes...



71



72

73

73 - Après une semaine intense de compétition, le verdict tombe : l'Armadillo Box® se classe à une honorable 4ème place et a remporté quelques places d'honneur dans les différentes épreuves... Après un mois passé à Madrid, l'aventure s'achève. L'équipe grenobloise peut rentrer dans les Alpes, des souvenirs plein la tête, quelle expérience !
À quand la prochaine ?





TEAM RHÔNE-ALPES
CANOPEA® UN ÉCOSYSTÈME URBAIN
LE CONCEPT

« La *canopée* est l'étage supérieur de la forêt, directement influencé par le rayonnement solaire. Elle est considérée comme un habitat, ou écosystème en tant que tel, notamment en forêt tropicale où elle est particulièrement riche de biodiversité et de productivité biologique. Généralement située à plusieurs dizaines de mètres de hauteur, la canopée forme une strate supérieure où se situe 80% du feuillage des arbres. C'est là que plus de 95% de l'énergie solaire est captée et que 30% des précipitations sont absorbées par le feuillage. »[1]

Le contexte français

Pour concevoir le projet Canopea®, vainqueur de l'édition 2012 du *Solar Decathlon Europe*, la Team Rhône-Alpes a adopté une démarche systémique afin d'aborder la question de l'organisation urbaine en prenant en compte la complexité des variables multiples qui la compose. Elle est partie d'une échelle territoriale, englobant des réglementations et des constats au niveau national, notamment la nouvelle Réglementation Thermique (RT2012). Cette réglementation adoptée lors du Grenelle de l'environnement, demande aux bâtiments résidentiels de respecter le Label BBC Effinergie (seuil de consommation du bâtiment fixé à 50kW/h/m²/an). D'autre part, les études démographiques soulignent, depuis des années, un phénomène de «rurbanisation». Une partie de la population française, intéressée par les avantages de la maison individuelle, part vivre hors des villes, tout en continuant de garder un mode de vie urbain, et un travail en ville. Ce phénomène, l'INSEE l'a recensé : entre 1954 et 1999, la population française vivant dans les villes est passée de 29 millions à 44 millions (x1,5), avec une augmentation de la population péri-urbaine de 3 millions en 1954 à 9,5 millions en 1999 (x3,2).
La multiplication des maisons individuelles péri-urbaines sur nos territoires provoque un phénomène d'étalement urbain et donc une augmentation de l'artificialisation des sols. D'après le Ministère de l'Agriculture et le Ministère de l'Écologie et du Développement Durable, 70% des maisons individuelles sont construites disséminées en milieu rural et, depuis les années 1990, 400.000 hectares de terrain ont été sacrifiés à ce principe d'urbanisation diffuse. Ce mode de fabrication de la ville a un impact direct sur l'environnement (pollution et imperméabilisation des sols, perte de bio-diversité...). La péri-urbanisation entraîne une chute de l'activité agricole en périphérie des villes : les 20.000 hectares annuels de territoires artificialisés proviennent à 80% d'anciens territoires agricoles et à 18% de forêts[2].
Elle représente un coût élevé pour la collectivité (coût et entretien des infrastructures nécessaires telles que routes et réseaux) et surtout favorise un phénomène de « concurrence foncière » qui accentue encore le phénomène.

Le contexte régional

Ce phénomène est particulièrement sensible dans la région Rhône-Alpes, située dans le Sud-Est de la France où s'insère le projet Canopea®.
L'aménagement urbain du territoire rhônalpin présente des caractéristiques bien particulières. Il s'agit d'un territoire contraint par les montagnes, les lacs, les fleuves et rivières. Le foncier constructible y est rare et son prix ne cesse d'augmenter. En contrepartie, les villes se développent donc en hauteur pour maximiser le potentiel urbain. Ainsi, bien qu'elles aient été construites dans les années 1960 à une époque où les questions relatives à la densification se posaient de façon moins cruciale, les Trois Tours de Grenoble sont devenues un emblème de la ville au milieu des montagnes. Dans le même temps, 86% des Français rêvent de posséder une maison individuelle pour les qualités qui lui sont associées. Selon une étude SOFRES, les gens souhaitent bénéficier dans leur logement des « qualités d'espaces, de lumière, d'accès à la nature, qui sont autant de traits types de la maison ». Disposer d'un logement à fort degré d'intimité et implanté à une distance respectable du voisinage est également une aspiration très forte de la grande majorité.
De ce fait, une grande partie de la population vit maintenant loin des centres d'activités pour échapper à la pression foncière. Elle adopte ainsi un mode de vie polluant entièrement dépendant de la voiture et des infrastructures de transport. Elle contribue à l'étalement urbain qui gagne du terrain au détriment des espaces naturels et des terres arables.

En Isère, les chiffres sont éloquents : quand, entre 1975 et 2000, la population augmentait de 18%, l'espace urbanisé progressait, lui, de 88%[2]...
Dans ce contexte, les infrastructures et réseaux sont en pleine expansion et les vallées sont rapidement engorgées.



Le projet Canopea® dans le quartier de la Presqu'île grenobloise, quartier en restructuration représentant un sixième de la ville de Grenoble.

Source[1] : Wikipédia
Source[2] : INSEE Première N°1364 - Août 2011 - Le découpage en unités urbaines de 2010, l'espace urbain augmente de 19% en 100 ans. François Clanché et Odile Rascol - http://www.insee.fr/fr/ffc/ipweb/ip1364/ip1364.pdf

TEAM RHÔNE-ALPES
CANOPEA® UN ÉCOSYSTÈME URBAIN
LE CONCEPT

Le concept architectural développé par la Team Rhône-Alpes est né de ce constat national combiné à l'analyse du contexte rhônalpin et de sa complexité (ressources naturelles, contraintes géographiques et urbaines, économie, modes de vie des habitants).
Les questions auxquelles les architectes et les ingénieurs de l'équipe ont décidé de répondre sont donc les suivantes :
- comment concevoir des habitats collectifs qui apportent un niveau de confort élevé, avec un minimum de dépenses énergétiques et de consommation de ressources naturelles en milieu urbain dense ?
- comment apporter aux habitants un sentiment de bien-être comparable à celui d'une maison individuelle, tout en vivant dans un logement collectif en milieu urbain dense ?

La problématique a été posée de manière plus générale sous la forme suivante : **Comment vivre tous ensemble mais séparément ?**

Le concept de nanotour

En s'appuyant sur les différents critères exposés et pour répondre à la problématique énoncée, la Team Rhône-Alpes a développé le concept de nanotour. Une nanotour est une superposition de maisons, une par étage, dans lesquelles on retrouve une grande partie des caractéristiques spatiales du logement individuel. Cette superposition crée des petites tours d'environ dix étages. La taille et l'emprise peuvent varier en fonction du contexte mais la verticalité s'affirme pour répondre au besoin de densité. Ce faisant, nous n'inventons rien qui n'existe déjà et ne faisons que revisiter un type architectural commun, la densification verticale étant une solution séculaire évidente qui a toujours été utilisée pour pallier une faible disponibilité foncière. On pense évidemment aux maisons-tours yéménites ou aux tours toscanes de San Gimignano...
La particularité de la proposition repose ici probablement sur les espaces et les fonctions mutualisées qui donnent à la solution collective un caractère coopératif nouveau.
Les nanotours fonctionnent en effet en *cluster* de deux ou trois unités afin de partager un noyau de distribution verticale comprenant escalier et ascenseur. Les paliers et coursives de distribution sont le lieu d'implantation de nombreuses annexes caractéristiques de la maison individuelle : des rangements pour les objets encombrants, le système de tri sélectif des déchets, des jardinières pour faire pousser des aromates, des aires de jeux extérieures pour les enfants...
Chaque habitation dispose d'une vue à 360° sur le paysage : on peut faire le tour de chez soi par une coursive périphérique ! Cette disposition développe le sentiment de sécurité et d'unicité, en même temps qu'elle procure des facilités d'entretien des façades.
Une attention particulière a été portée à l'acoustique entre les étages, l'acceptation du voisinage étant beaucoup plus aisée quand on n'en subit pas les nuisances sonores. Le tissu urbain pavillonnaire offre des ambiances sonores spécifiques que nous essayons de retrouver malgré la proximité des logements.
Les sous-faces des coursives absorbent les bruits. Leur forme joue le rôle de déflecteur. La distance entre les tours d'un même *cluster* est similaire à celle existant entre des maisons.
Le rez-de-chaussée est réservé à des commerces et aux installations techniques communes. Le premier niveau peut servir pour des bureaux ou des espaces de travail pour

Les Trois Tours de l'Île Verte à Grenoble.



75

Source : www.grelibre.net

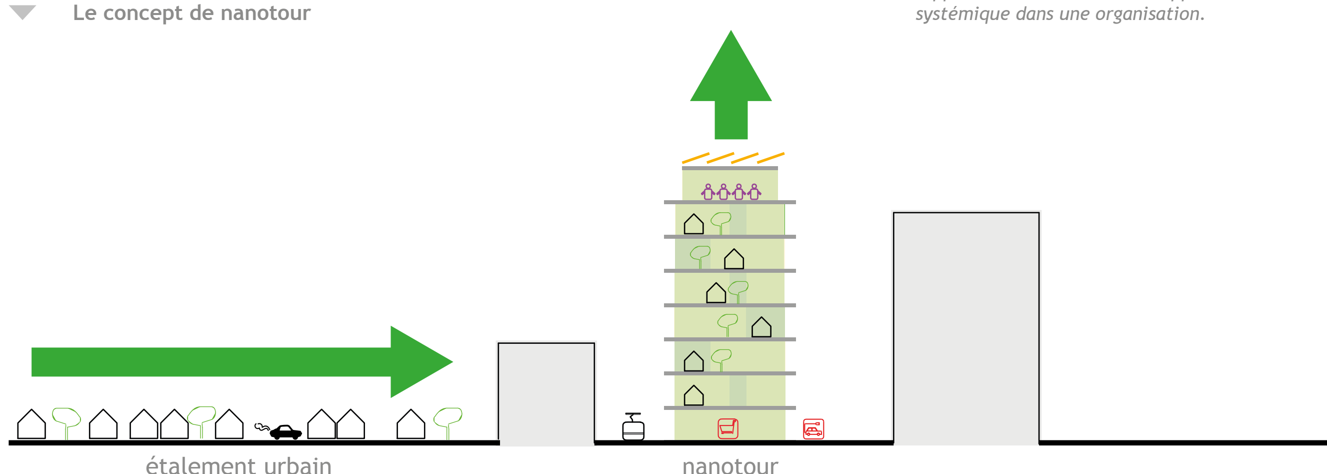
activités libérales.
Au dernier étage, un espace collectif abrité est offert à tous les habitants de la nanotour. Il favorise les liens sociaux entre les voisins. On y trouve des équipements partagés comme une buanderie ou une cuisine d'été.
Le projet global développe un contact direct avec la nature : une ferme urbaine occupe le cœur d'îlot et vient compléter l'offre de nourriture locale. La ferme est opérée par un professionnel mais chaque habitant peut, s'il le désire, disposer d'un jardin potager individuel.
Le modèle économique adopté est celui de la coopérative d'habitants cohabitant sous le régime de la copropriété (loi de 1910 écrite sur la base des usages grenoblois).

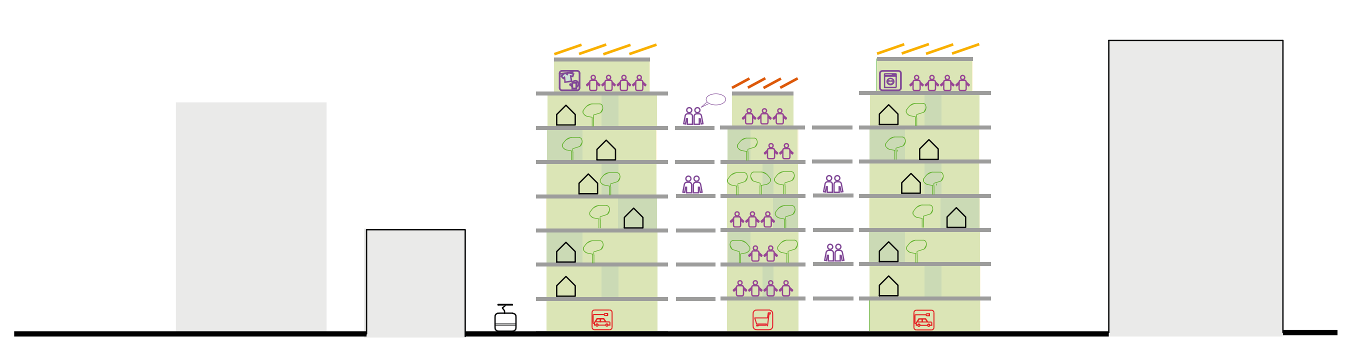
Entre habitat groupé, logement collectif et maison individuelle, le type de logement proposé est pensé pour éviter la reproduction du schéma du «tout collectif» où l'intimité est très limitée et du schéma de « l'individualisation à outrance » qui provoque à la fois l'isolement et une forme urbaine qui ne fonctionne pas.
Pour un même nombre de logements, le concept Canopea® consomme dix fois moins de territoire que des maisons individuelles isolées, tout en gardant une grande partie des qualités de ce type d'habitat.
Cette organisation a un impact économique direct sur le partage du coût du terrain - qui représente en France jusqu'à 50 % du coût global de construction - et du coût d'achat et de fonctionnement de certains équipements lourds.

Plus que le développement d'un nouveau type d'habitat, c'est un milieu de vie spécifique qui est ici proposé. La nanotour s'intègre dans un tissu existant qui a des caractéristiques qui lui sont propres, avec pour objectif de participer à la création d'un « écosystème » urbain auto-suffisant.
Depuis l'échelle du bâtiment jusqu'à celle de la ville, la mutualisation représente le fil rouge du projet, la volonté étant d'obtenir un optimum global plus efficient que l'addition d'optimums locaux[1]. L'interaction entre les différentes échelles qui composent la ville est permanente.

[1] Principe de la théorie des contraintes, rappelant la nécessité d'une approche systémique dans une organisation.

Le concept de nanotour





TEAM RHÔNE-ALPES
CANOPEA® UN ÉCOSYSTÈME URBAIN
LE CONCEPT

Grenoble Presqu'île

Penser l'habitat à l'échelle du quartier est aujourd'hui indissociable d'une réflexion menée sur l'efficacité énergétique des bâtiments. Nous sommes passés d'un système de bâtiments performants, mais isolés, à un système de quartier dont la performance énergétique se juge à l'échelle territoriale.

Le concept de nanotour a été étudié sur trois sites en restructuration de la région Rhône-Alpes, offrant la possibilité à notre équipe de développer de manière locale ce concept sur plusieurs sites théoriques :
- le Campus de la Doua, à Lyon,
- le « Carré de Soie », à Lyon,
- le site « Presqu'île », à Grenoble dont l'architecte en chef est Christian de Portzamparc.

Ces trois projets illustrent ainsi le concept de nanotour à l'échelle urbaine.

Pour le *Solar Decathlon Europe* 2012, la Team Rhône-Alpes a intégré le projet Canopea® au programme de restructuration de la Presqu'île scientifique de Grenoble. Ce programme propose de mettre en place un nouvel éco-quartier, à côté du campus scientifique d'innovations pour les technologies avancées appelé « GIANT ». Cette restructuration fait partie d'un des treize programmes Ecocités sélectionnés par l'État à la suite du Grenelle de l'environnement.

Le site se trouve à proximité du centre ville de Grenoble. Encerclée par deux rivières, le Drac et l'Isère, la Presqu'île se situe au cœur d'un grand paysage montagneux, entre Vercors et Chartreuse, et représente 1/6 de la surface de Grenoble.

Les objectifs sur ce territoire sont multiples et énoncés très clairement :

« Sur 250 hectares, Grenoble Presqu'île s'affirme comme un des plus vastes projets urbains, scientifiques, universitaires et économiques en Europe, avec 1,3 milliard d'euros d'investissements sur 15 ans.

Les enjeux : créer un nouveau quartier de vie au cœur d'une région urbaine de 700 000 habitants, positionner Grenoble comme un campus d'innovation international, GIANT.

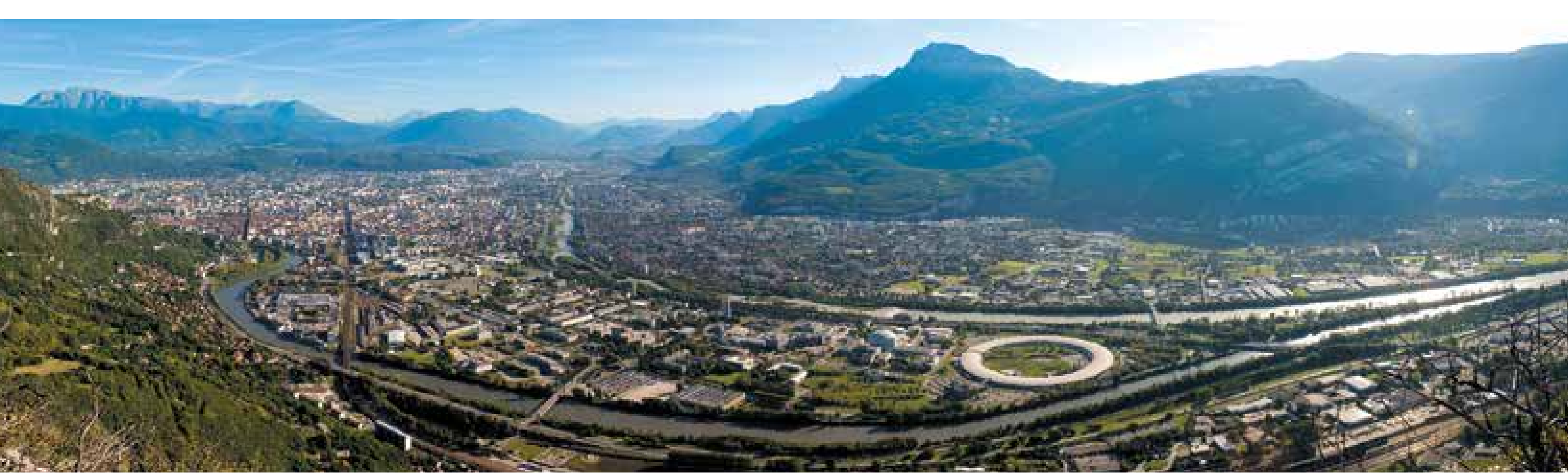
L'ambition : du quartier à l'international, le projet conjugue l'ambition du territoire à toutes les échelles en imaginant un nouveau modèle urbain qui conjugue qualité de vie, innovation technologique et mixité sociale. »[1]

L'enjeu est donc de créer un nouveau milieu de vie sur ce territoire mêlant industries, recherche et universités en favorisant la convivialité entre les étudiants, les chercheurs, et les futurs habitants.

Une diversité importante de services est proposée dans un programme mêlant commerces, gymnases, écoles, logements, pistes cyclables, parcs, etc.

Source[1] : www.grenoblepresquile.fr

Le quartier de la Presqu'île Grenoble.



Source : http://www.alternativemedia.fr/data/photo/3676_2344_PanonJM_Francillon_Ville_de_Grenoble.jpg

Les quatre types de réseaux présents sur la Presqu'île qui connectent le projet Canopea® à son environnement.

Un écosystème urbain

La restructuration de cette Presqu'île permettra à un éco-quartier de seconde génération de voir le jour. Cette génération représente une évolution par rapport aux éco-quartiers plus classiques comme la Caserne de Bonne à Grenoble. Ces derniers présentent des bâtiments énergétiquement performants (Bepos, BBC, HQE) mais fonctionnant de manière autonome. Les bâtiments seront dorénavant inter-connectés dans un écosystème urbain afin de mutualiser les énergies. La performance énergétique globale est recherchée. Deux axes majeurs sont développés pour atteindre cet objectif : recycler et mutualiser.

Chaque bâtiment existant a des caractéristiques exploitables. Il est donc intéressant d'étudier les besoins et les apports de chacun d'entre eux, et afin de comprendre quels types de liens peuvent être développés pour la création d'un territoire à énergie positive.

En ce qui concerne le projet de nanotour, l'autonomie énergétique n'est pas atteinte à l'échelle du bâtiment. Les installations photovoltaïques installées sur le toit

Passage d'une logique de bâtiment à énergie positive à une logique de territoire à énergie positive.



TEAM RHÔNE-ALPES
CANOPEA® UN ÉCOSYSTÈME URBAIN
GRENOBLE PRESQU'ÎLE

assurent une autonomie partielle couvrant 40% des besoins de l'édifice. La nanotour est conçue comme une partie de cet écosystème conçu à l'échelle du quartier, le quartier étant lui-même conçu à l'échelle de la ville.

Pour produire les échanges nécessaires à la création de l'écosystème urbain, quatre types de réseaux sont présents sur la Presqu'île :

- un «smart grid» électrique,
- un «smart grid» thermique,
- un bouquet de transports,
- un réseau social.

Le smart grid électrique est un réseau intelligent qui optimise la production, la distribution et la consommation de l'énergie.
Il améliore le lien entre l'offre des producteurs et la demande des consommateurs. La sécurité du réseau est assurée grâce à la présence de sources de production multiples et décentralisées.

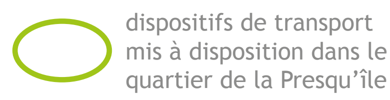
Un smart grid thermique, ou boucle d'eau tiède, récupère la

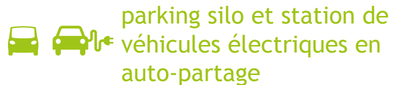
Illustration du bouquet de mobilité qui sera présent sur la Presqu'île Grenobloise.

- - - - - réseau de mobilité


parking de vélos personnels


station de vélos et segways





parking réservé aux livraisons et aux personnes à mobilité réduite

voitures
bus
piste cyclable
tramway

chaleur en de multiples points de collecte. Les effluents des industries présentes sur le site de la Presqu'île sont ainsi valorisés. Les bâtiments d'habitation sont connectés à cette boucle et peuvent l'utiliser pour le chauffage en hiver ou le rafraîchissement en été selon les cas.

Un bouquet de transports est accessible. Il est attendu que plus de 80% de la mobilité se fasse hors voiture sur le site de la Presqu'île. La dimension urbaine du projet Canopea® a amené l'équipe à placer la mobilité au centre des réflexions. La péri-urbanisation et l'étalement urbain encouragent un phénomène de dépendance à la voiture. À l'inverse, la densité permet le développement des transports en commun (notion d'efficacité, de seuil de rentabilité lorsque le tissu urbain est assez dense) et l'éco-quartier propose un vaste panel de modes de transports : voitures en auto-partage dans des parkings silo, réseau de tramway, proximité de la gare, vélos et scooters électriques.

Perspectives des nanotours implantées sur l'îlot Cambridge du quartier de la Presqu'île.



TEAM RHÔNE-ALPES
CANOPEA® UN ÉCOSYSTÈME URBAIN
GRENOBLE PRESQU'ÎLE

C'est donc les notions de multimodalité et de complémentarité entre les modes de déplacement doux et les transports en commun qui ont été développées dans le projet. En France, la consommation énergétique résultant de la mobilité représente environ 32 % du bilan énergétique global et 25 % des émissions de gaz à effet de serre[1]. Le potentiel d'émission de gaz à effet de serre est directement lié à la localisation du logement : de manière schématique, plus nous vivons loin des centres-villes concentrant les bassins d'emploi, plus l'utilisation de la voiture personnelle augmente et plus la distance moyenne quotidienne croît (17 km/jour/personne en moyenne pour un habitant de centre urbain contre 33 km/jour/personne pour un habitant de commune rurale en périphérie urbaine).

En se basant sur une méthode de calcul suisse[1], le bilan carbone de la mobilité quotidienne d'un habitant de nanotour en comparaison avec un habitant de maison individuelle en zone péri-urbaine a été réalisé. On peut constater une différence de facteur quatre : environ 1500 kg eq.CO_2/an pour un habitant d'une maison individuelle en milieu rural contre environ 350 kg eq.CO_2/an pour un habitant de nanotour favorisant le transport en commun. Cette différence représente en une année l'équivalent-CO_2 de 1000 m² d'arbres de forêts plantées (1t eq.CO_2 = 0,0929ha de forêt plantée).

Un réseau social. Dans les nanotours, chaque logement est équipé d'une tablette tactile. Elle réalise l'interface entre l'habitant et tous les systèmes simples ou complexes du logement comme le chauffage, ou le rafraîchissement, l'éclairage, les stores et volets roulants, les prises interruptibles, la musique, etc.
Ce système de domotique permet de simplifier la gestion des différentes fonctions de la maison grâce à un outil de commande unique, mais permet aussi d'optimiser les consommations énergétiques. Pour faciliter l'utilisation de ce système innovant, un logiciel de gestion énergétique prodigue des conseils aux utilisateurs via la tablette tactile.

De plus, dans l'objectif de partager également les espaces, les transports et les services, une application installée sur les tablettes facilite la cohabitation au sein du quartier en mettant en lien les habitants. Elle propose entre autre un forum inter-habitants, la réservation en ligne des laveries communes, la gestion du parc de voitures électriques et autres petits véhicules. Pour favoriser une utilisation intelligente des logements, la tablette permet aussi la visibilité des consommations de chaque nanotour, afin que ses habitants anticipent et réduisent leurs besoins en énergie.

Source[1] : Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique 2005


Insertion du projet Canopea® sur l'ilot Cambridge de la Presqu'île.



Ferme verticale

La verticalisation du projet réduit à la fois l'emprise sur le terrain, comme nous l'avons évoqué précédemment, mais elle réduit aussi les surfaces étanches. De la sorte, le phénomène d'îlot de chaleur urbain est atténué. En outre, la théorie de « l'îlot ouvert » développée par Christian de Portzamparc permet une réintroduction de la nature et de la végétation au centre de l'îlot.

Le projet Canopea® Presqu'île, profite de cette possibilité en développant une ferme verticale, conçue en collaboration avec l'entreprise Courtirey spécialisée dans ce type d'équipement. Les fermes verticales proposées sont une façon de réintroduire la question de l'agriculture urbaine et de l'autosuffisance alimentaire. C'est un levier important que l'on peut actionner puisque l'agriculture est responsable de l'émission de plus de 20% des émisions de gaz à effet de serre en France.

Cette production intensive mais responsable crée un circuit court entre le producteur et le consommateur qui valorise le travail de l'agriculteur. Cette ferme verticale participe autant à la qualité de vie des résidents qu'à la qualité du paysage urbain.

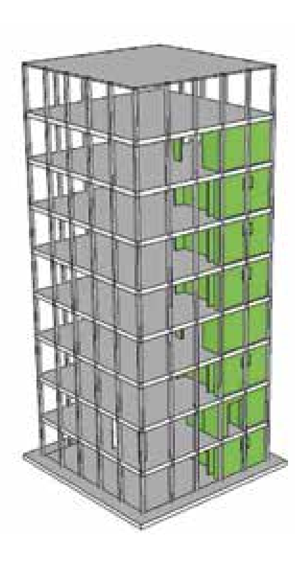
Le centre de l'îlot est également équipé d'un réservoir dimensionné pour toute la parcelle d'une surface de 4800 m². Il évite le phénomène de ruissellement d'eau et réduit les risques d'inondation en cas de pluies importantes. Cette eau de pluie est ensuite utilisée pour irriguer les fermes verticales au moyen d'une pompe solaire.

CORE/SKIN/SHELL

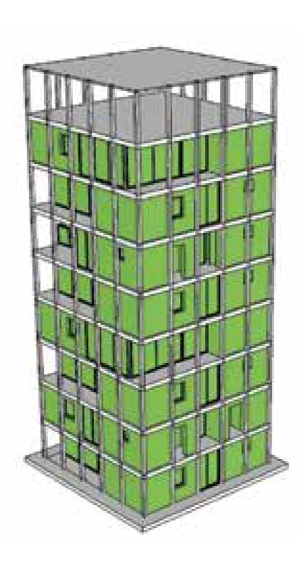
Le concept de logement Canopea® intègre le principe *Core/Skin/Shell* exposé prédédemment (cf p.27). C'est une des thématiques de R&D développée en 2010 dans le projet Armadillo Box® et reprise dans le projet de nanotour.

Principe du *CORE/SKIN/SHELL*.

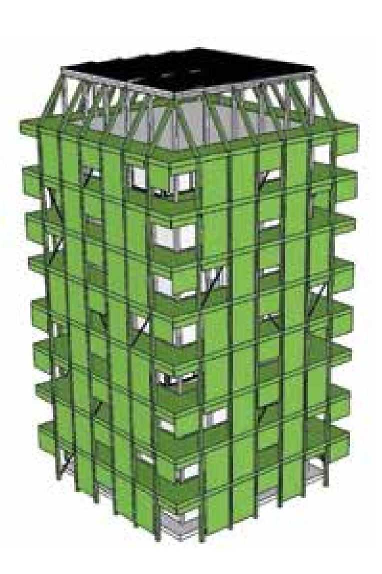
CORE



SKIN



SHELL



TEAM RHÔNE-ALPES
CANOPEA® UN ÉCOSYSTÈME URBAIN
ARCHITECTURE ET DESIGN ACOUSTIQUE

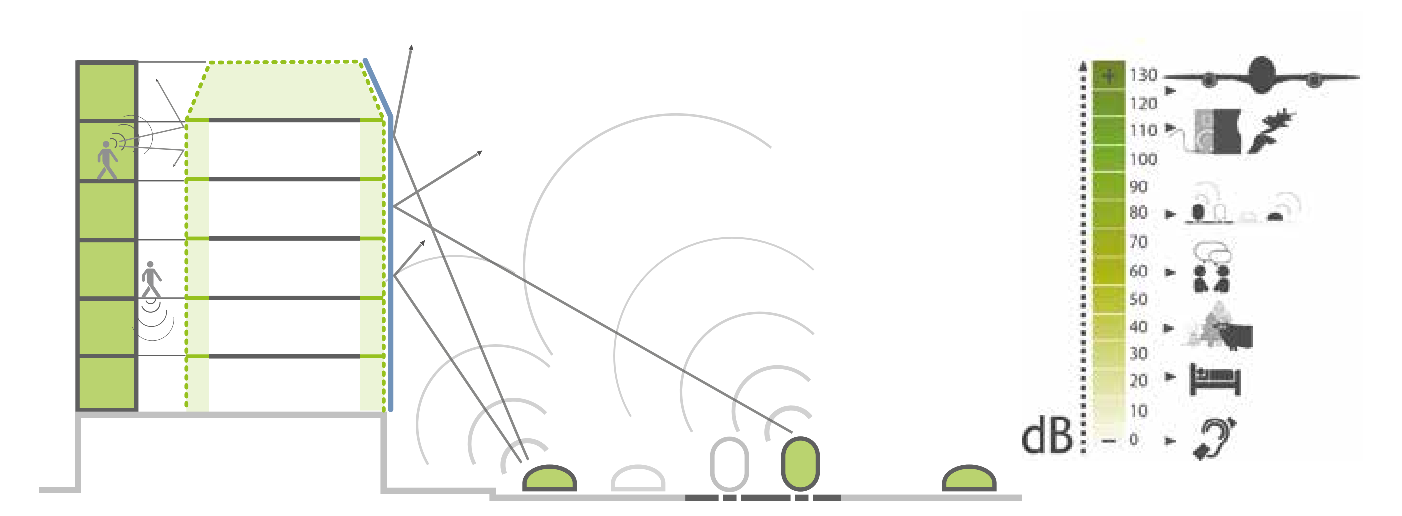
Être bien dans la ville dense et apaisée c'est se sentir chez soi et c'est aussi vivre dans un environnement de qualité, en toute satisfaction avec les perceptions des voisinages proche et lointain. Or la bonne entente avec ces atmosphères dépend fortement des conditions sonores, comme chacun peut en faire l'expérience aujourd'hui. Nous avons alors imaginé pour l'habitant de Canopea® un confort lié autant à des besoins d'échanges et d'ouvertures avec l'entourage qu'à des aspirations d'étanchéités momentanées avec les voisins.

Pour traduire cette intention trois actions ont été conduites, la première sur l'enveloppe de l'habitat pour que l'habitant gère des conditions d'écoute acceptables dans la ville dense, la seconde sur la façade pour que l'usager puisse moduler l'isolation phonique en fonction de l'usage, la troisième sur l'aménagement des pièces intérieures avec des hypothèses acoustiques anticipant les pratiques courantes : un temps de réverbération adapté à la conversation dans le salon, un sol en bois adoucissant le son du pas dans la coursive et une isolation acoustique renforcée favorisant l'appropriation de la chambre. Ainsi, dans Canopea®, les bruits extérieurs lointains sont atténués par l'enveloppe, la *Shell*, les bruits de voisinage plus proches sont modulables grâce à la façade, la *Skin*, les bruits générés par les pratiques internes du logement et les équipements peuvent être atténués avec les dispositifs installés sur le *Core* et les matériaux de finition.

Illustrons ces propos. La double peau vitrée en façade devant le salon permet à l'usager, l'été, de gérer la perception des bruits lointains en fermant plus ou moins les ventelles. Ces ventelles Naco offrent un isolement DnTAtr de 15 dB maximum par rapport aux bruits lointains. Elles complètent l'isolement acoustique de la façade (triple vitrage Rw=46 dB) de 7dB, pour une isolation mesurée in situ pendant la compétition Dls,2m,nT,w (C;C tr) égal à 45 (-2;-5) dB.

Par rapport au niveau d'exposition au bruit routier prévu sur le site de Presqu'île à Grenoble l'habitant peut ainsi converser à voix normale à 1,50 m de distance environ sur la terrasse vantelles fermées (source CSTB, REEF 1984) ce qui conforte notablement l'espace sonore pour la discussion au moment du repas par exemple. Cette double enveloppe permet aussi à l'habitant d'atténuer ses propres productions sonores vis-à-vis du voisinage proche pour ne pas déranger l'appartement du dessus ou du dessous, pour converser en terrasse sans gêner l'autre, pour mieux s'isoler des sons des amis qui font « la fête » au sommet de la tour… Enfin la coursive périphérique a un rôle atténuateur entre les appartements superposés puisque qu'elle engendre un contournement du son qui génère un affaiblissement acoustique de 15 dB environ, un « effet d'écran horizontal » très efficace pour moduler l'impact du voisin proche.

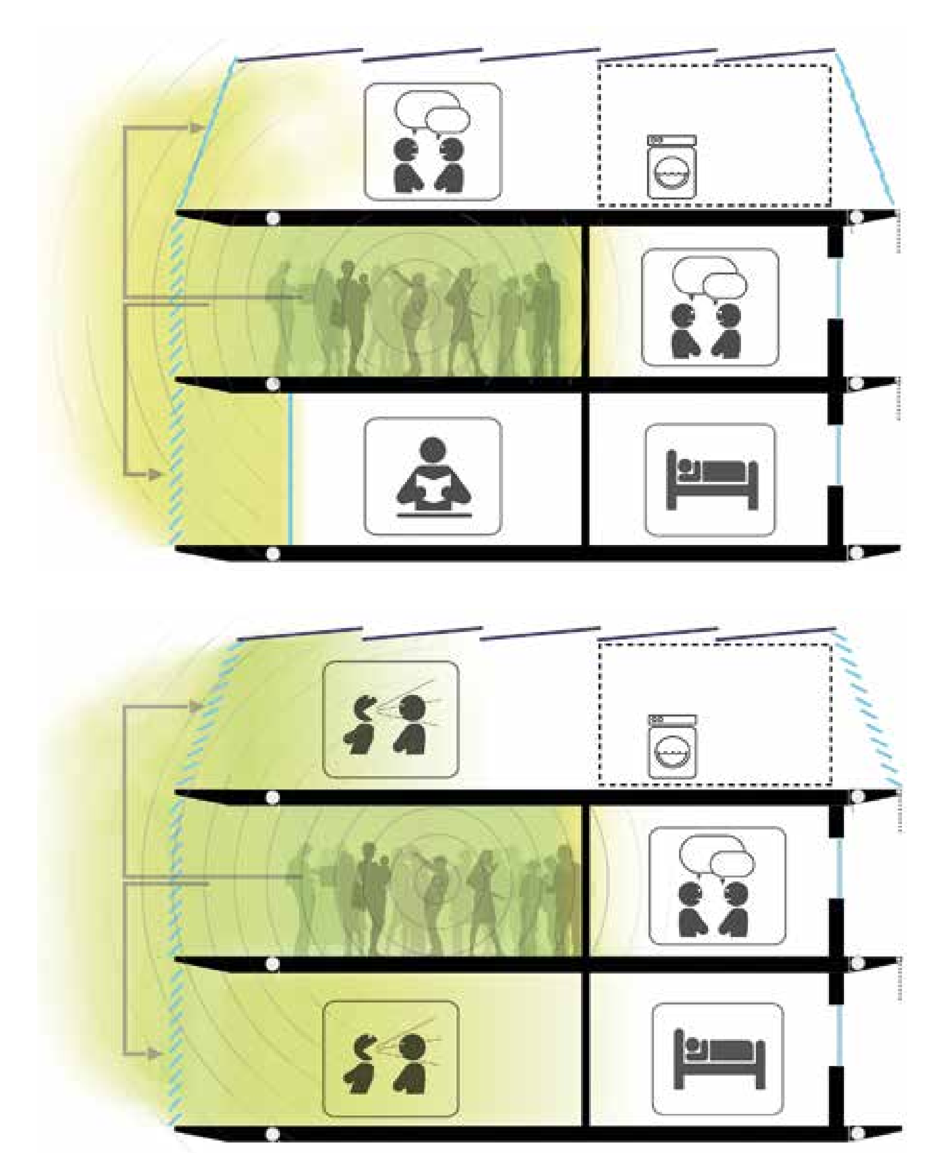
L'enveloppe de la nanotour protège des bruits extérieurs lointains et de bruits de voisinage.



À l'intérieur de Canopea®, une chicane acoustique créée dans l'épaisseur de la cloison de la chambre permet l'extraction de l'air vicié tout en maintenant une isolation phonique suffisante. Ce principe favorise l'appropriation de cette pièce « isolée » de la famille installée dans les autres espaces domestiques, à des fins d'écoutes musicales par exemple. Dans les nanotours, l'air neuf est insufflé dans la chambre et l'air vicié est aspiré depuis la salle de bain. Traditionnellement une lame d'air de 2 cm en pied de porte est réalisée pour permettre ce circuit, générant un pont phonique. La proposition consiste à poser une porte acoustique étanche à l'air et à ventiler dans l'épaisseur de la cloison au moyen de chicanes acoustiques. Celles qui servent à amener de l'air de l'extérieur vers l'intérieur des bâtiments en façade, très accessibles dans le commerce et très économiques, faisaient l'affaire. Concrètement, deux chicanes d'affaiblissement 52 dB(A) + Ctr permettant de faire passer le flux de 90 m³/h nécessaire ont été placées dans l'épaisseur constructive de la cloison. L'isolation entre le couloir et la chambre a été mesuré à 30 dB(A), un résultat qui peut encore être amélioré.

À l'extérieur de Canopea®, les coursives réalisées en bois sont portées par une structure métallique. Des bandes résilientes CDM à base de liège, de néoprène, ont été placées entre les traverses métalliques et les lambourdes pour éviter la transmission des bruits solidiens entre la structure des coursives et les logements. Ces bandes résilientes offrent une garantie de vie d'au moins 50 ans (le liège tout seul sèche au bout de 10 ans). Elles ont été dimensionnées pour garantir un affaiblissement de 12 dB tout en supportant, sans se déformer, un poids allant jusqu'à 0.5 N/mm². Un autre objectif recherché a été atteint : celui d'adoucir le son du pas du voisin installé sur la coursive du dessus en situation de voisinage réel. Dans le même ordre de préoccupation, le temps de réverbération du salon a été stabilisé dans les fréquences de la parole entre 0,5 à 0,7 seconde selon l'ouverture sur la terrasse, ventelles Naco fermées.

La *Shell* et la *Skin* participent à l'isolation acoustique entre les étages.



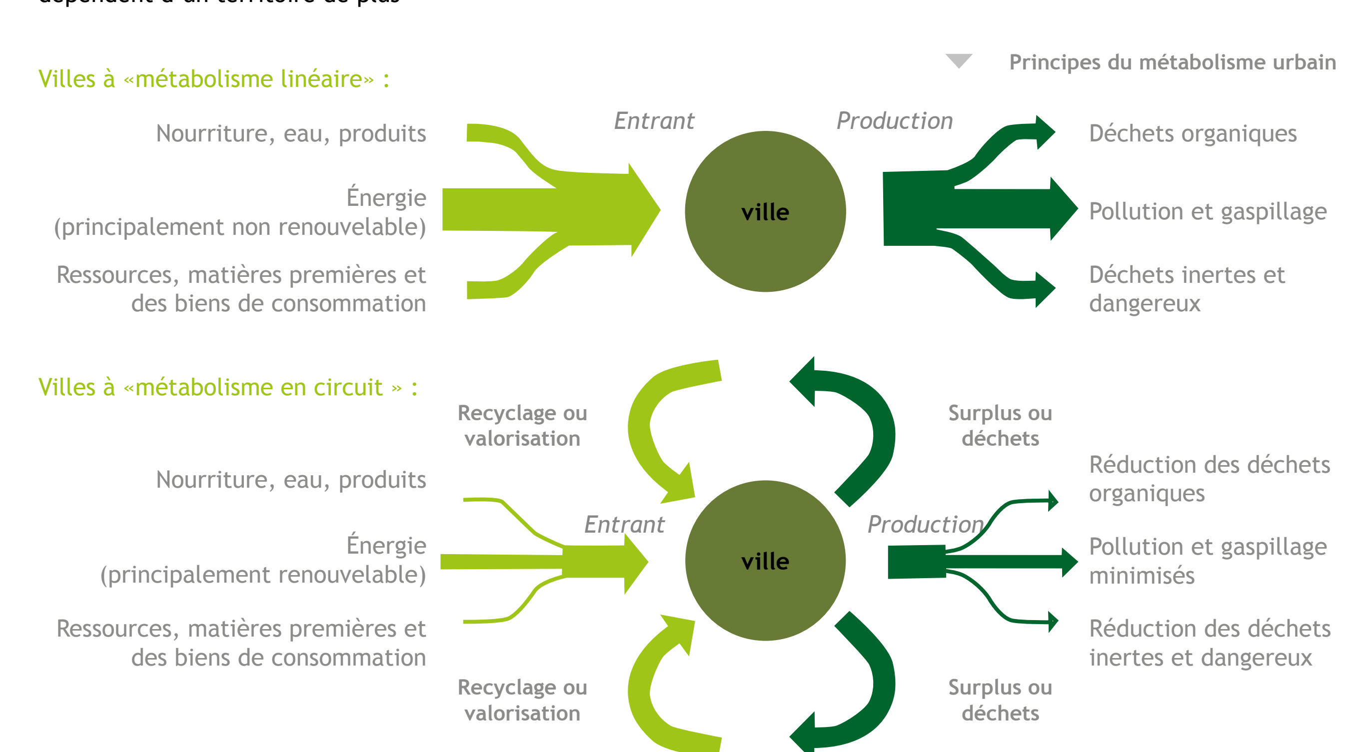
SOUTENABILITÉ

Depuis 2007, plus d'un habitant de la planète sur deux vit en ville. La problématique de la croissance urbaine que l'on a évoquée à l'échelle de la France est aussi un enjeu majeur pour l'humanité, le taux d'urbanisation mondial est passé de 30% à plus de 50% en seulement 50 ans, et cette évolution tend à s'accentuer dans les décennies à venir. Les villes et métropoles concentrent les activités économiques et politiques, les services sociaux, sportifs ou culturels et centralisent la majeure partie des flux d'énergies et de ressources.

En réponse à ces données, le concept global de soutenabilité du projet Canopea® reprend les principes du métabolisme urbain. Les villes à « métabolisme linéaire » ont tendance à accroître continuellement leur périmètre : elles consomment, gaspillent, polluent largement et dépendent d'un territoire de plus en plus vaste. Face à ce mode de développement linéaire, les villes à « métabolisme en circuit » se définissent par une réduction des consommations et une réutilisation optimisée des ressources et des déchets : minimiser les entrants et les besoins, réduire les déchets, optimiser le recyclage et la réutilisation, préserver les énergies fossiles et exploiter les énergies renouvelables.

En s'inspirant du fonctionnement des écosystèmes naturels qui ont de faibles flux de matière et d'énergie pour un fort taux de recyclage, l'écologie urbaine et territoriale s'attache à des objectifs d'amélioration des performances économiques, environnementales et sociales des activités humaines. On retrouve bien les trois piliers du développement durable, tels que définis en 1987 par le rapport Brundtland.

Dans un contexte français de réduction par quatre de nos émissions de gaz à effet de serre par rapport au niveau de 1990 d'ici à 2050, le concept Canopea® intègre la soutenabilité comme élément-clef de conception quelle que soit l'échelle de travail. Quatre idées directrices qui découlent directement des principes du « métabolisme urbain » ont été développées :
- économiser le territoire et permettre les interactions : **travailler la densité**,
- refuser la ville étalée et la dépendance automobile : **intégrer la mobilité**,
- tendre vers la performance énergétique globale : **mutualiser**,
- **offrir un mode de vie accessible**, flexible ayant un faible impact sur l'environnement.



Principes du métabolisme urbain

Outre cette stratégie globale, une attention particulière a été portée sur le choix des partenaires et sur leur engagement écologique : filière de recyclage, retraitement de leurs déchets : PV-Cycle® pour Tenesol, TexyLoop® pour Serge Ferrari... D'autre part, les filières courtes ont été privilégiées autant que possible et particulièrement pour les matériaux low-tech.

1300 km
400 km
100 km
MetsäWood
Kerto S and Kerto Ripa
Nilan
Compact P and VP 18
ProClimat
Vapour and rain barriers
Interpane
Glass
CarlStahl
Railings
Bubendorff
Blinds
Porextherm
Vacuum insulation panels
Monnet-Sève
Glulam
Ducerf
Ashwood
Ligne Roset
Furnitures
Krono
OSB
CBM
Oak parquet
GAIA
Lalliard
Cladding
Somfy
Engines
Ferrari
Sunscreens
Knauf
Fibraflth
Soprema
Cellulose wadding
André
Window frames
Vicat
Concrete
AkTerre
Earth coating
Mazzarri
Stoneware

La mobilité des Français en fonction de leur localisation (urbaine, péri-urbaine)
Source : La mobilité des Français, Panorama issu de l'enquête nationale « transports et déplacements 2008 » - revue de la Commission Générale du Développement Durable (CGDD) du Service de l'Observatoire et des Statistiques (SOeS).
Déplacements quotidiens locaux (inférieurs à 80 km) un jour de semaine ouvré des individus âgés de 6 ans ou plus résidant en France métropolitaine.

Provenance des matériaux du projet Canopea®.

Distance moyenne parcourue par un habitant citadin (exceptée la ville de Paris) et les modes de transport correspondant :

17 km/jour/personne
3,11 déplacements/jour/personne

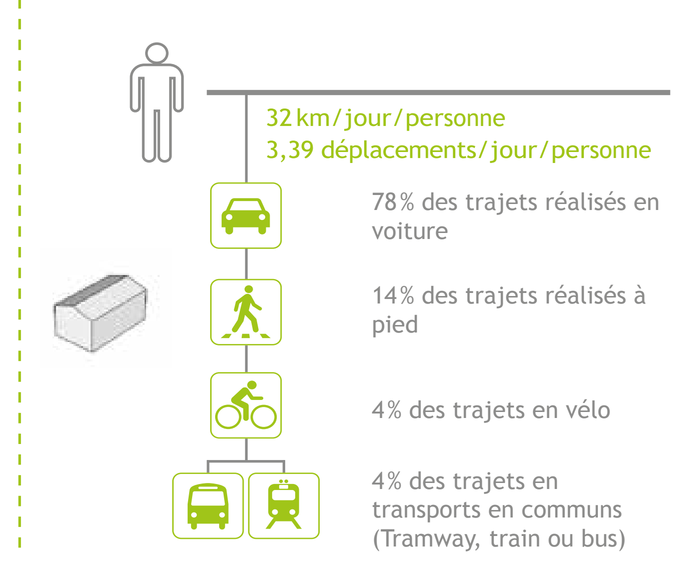
50% des trajets réalisés en voiture

34% des trajets réalisés à pied

12% des trajets en transports en communs (Tramway, train ou bus)

4% des trajets en vélo

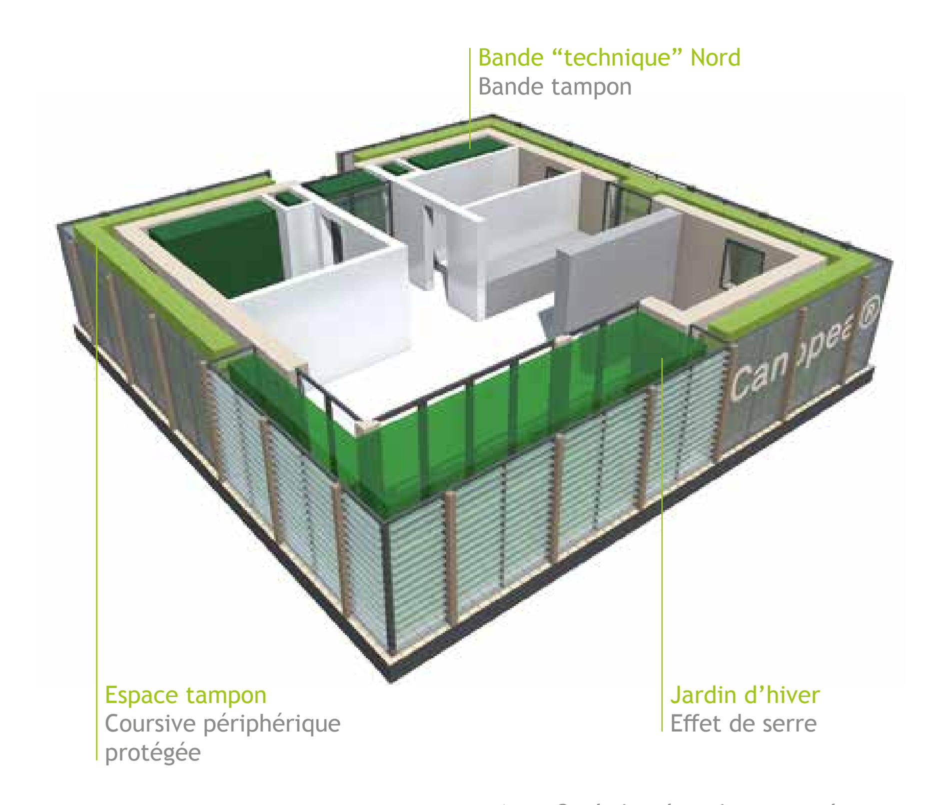
Distance moyenne parcourue par un habitant en périphérie des villes (exceptée la banlieue de Paris) et les modes de transport correspondant :



TEAM RHÔNE-ALPES
CANOPEA® UN ÉCOSYSTÈME URBAIN
STRATÉGIES ÉNERGÉTIQUES

À partir de réflexions globales sur l'environnement et ses ressources, le climat ou encore le confort, il a été choisi d'orienter la stratégie énergétique globale de Canopea® sur une logique saisonnière.

En hiver, l'enveloppe thermique haute performance apporte du confort aux espaces de vie.
En été, les protections solaires préviennent l'habitat de la surchauffe. Les systèmes actifs de ventilation et de rafraîchissement permettent d'assurer un très bon niveau de confort lorsque les dispositifs passifs ne suffisent plus à maintenir une température suffisamment basse.



▲ Gradation thermique entre les espaces (hiérarchie thermique).

Stratégie passive

Le projet Canopea® est basé sur une approche d'éco-conception qui consiste avant tout à minimiser les besoins énergétiques du logement en activant deux leviers :
- architecturalement en organisant les espaces en fonction de l'ensoleillement naturel nécessaire afin de minimiser les besoins en éclairage, en minimisant le développé de façade et en optimisant le degré d'ouvertures,
- techniquement en créant une enveloppe thermique performante minimisant les déperditions thermiques.

Pour ce faire, les parois ont été très fortement isolées (R>9 $m^2.K.W^{-1}$). Des panneaux d'isolant sous vide (PIV) très performants sont utilisés (Vacuspeed® de Porextherm, λ=0,007 $W{\cdot}m^{-1}{\cdot}K^{-1}$, distributeur : Isolproducts). Ils optimisent les épaisseurs de parois. 1 cm de PIV équivaut à 6 cm de la plus performante des laines de verre disponible sur le marché pour un même niveau d'isolation. Le prix élevé du matériau est en partie compensé par le gain de surface habitable dans chaque logement, environ 4 m^2 pour un T3. En complément, une sur-isolation de 20 cm de ouate de cellulose, faite à partir de papiers recyclés est mise en œuvre (Soprema). Enfin les menuiseries bois/alu triple vitrage utilisées au Nord, à l'Est et à l'Ouest sont également de très bonne facture (Menuiseries André, SmartWin©, Uw= 0,68 W/m^2K).

La stratégie passive d'hiver s'appuie largement sur l'utilisation d'espaces tampons, généralisés dans le projet. Le toit, responsable d'une part importante des pertes thermiques dans un logement, est coiffé de l'espace commun qui travaille comme une véranda, élevant la température extérieure grâce à l'effet de serre. Au niveau de chaque logement la terrasse peut se transformer en un jardin d'hiver minimisant les déperditions thermiques devant la plus grande ouverture du logement. Enfin, on peut également noter la présence d'un sas au Nord, qui évite un renouvellement d'air brutal lorsque l'on manipule la porte d'entrée.
En ce qui concerne la stratégie passive d'été, en plus des toiles textiles amovibles, des écrans solaires ont systématiquement été positionnés devant chaque fenêtre (volets roulants à lames orientables Activ'Home© de Bubendorff). Ils permettent de filtrer les apports solaires selon les besoins, autorisent la ventilation naturelle tout en assurant la sécurité de l'habitation.

Stratégies actives

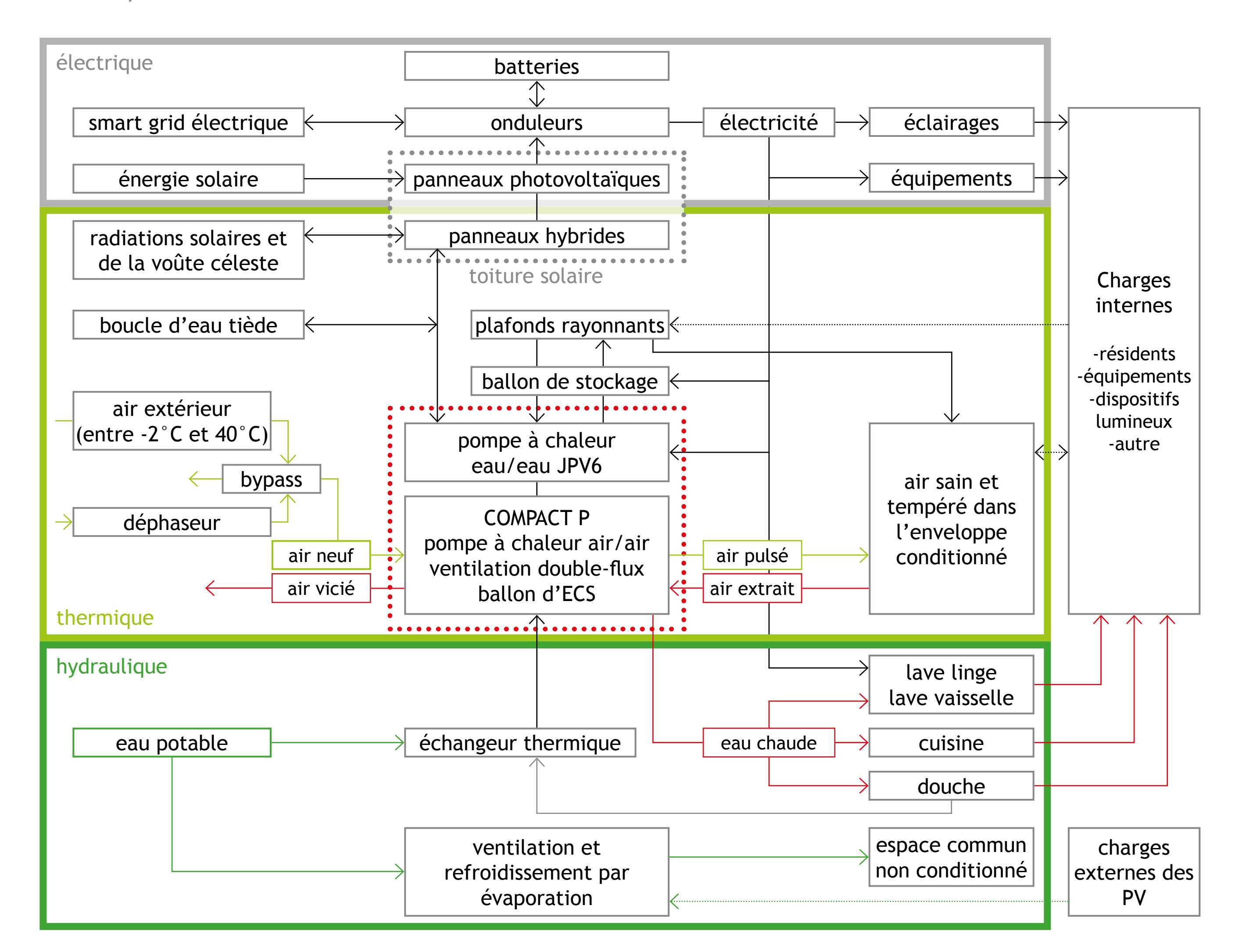
L'efficacité de l'installation thermique de Canopea® n'est pas due à la juxtaposition d'équipements ultra-performants mais bien au réseau relativement complexe constitué par des équipements performants. Ainsi, ce sont les multiples connections et variantes de connections possibles dans l'installation globale qui permettent d'atteindre un niveau d'efficacité énergétique très intéressant.

L'installation thermique de Canopea® peut être décrite selon trois postes très liés :

- **la ventilation** est réalisée par le biais de la pompe à chaleur air/air complétée d'un échangeur double-flux et branchée en amont au déphaseur,

- **le chauffage/la climatisation** sont assurés via une pompe à chaleur eau/eau. Celle-ci est connectée au ballon de stockage thermique qui alimente les nattes capilaires situées dans les panneaux rayonnants de plafond du logement. De l'autre côté, différentes connexions sont possibles : sur le ballon d'ECS en mode refroidissement, au réseau urbain basse température ou aux panneaux solaires hybrides.
Ces panneaux fournis par l'entreprise Dualsun sont équipés d'un nouvel échangeur, constitué par une plaque emboutie, solution économique et plus efficace que ce que l'on trouve actuellement sur le marché. Ces panneaux hybrides produisent de

Schéma des systèmes installés dans Canopea®.



TEAM RHÔNE-ALPES
CANOPEA® UN ÉCOSYSTÈME URBAIN
STRATÉGIES ÉNERGÉTIQUES

l'électricité et un stock thermique, ce qui permet d'augmenter l'efficacité de la partie électrique. Ils produisent de l'eau fraîche l'été grâce au phénomène de « *radiative cooling* ».

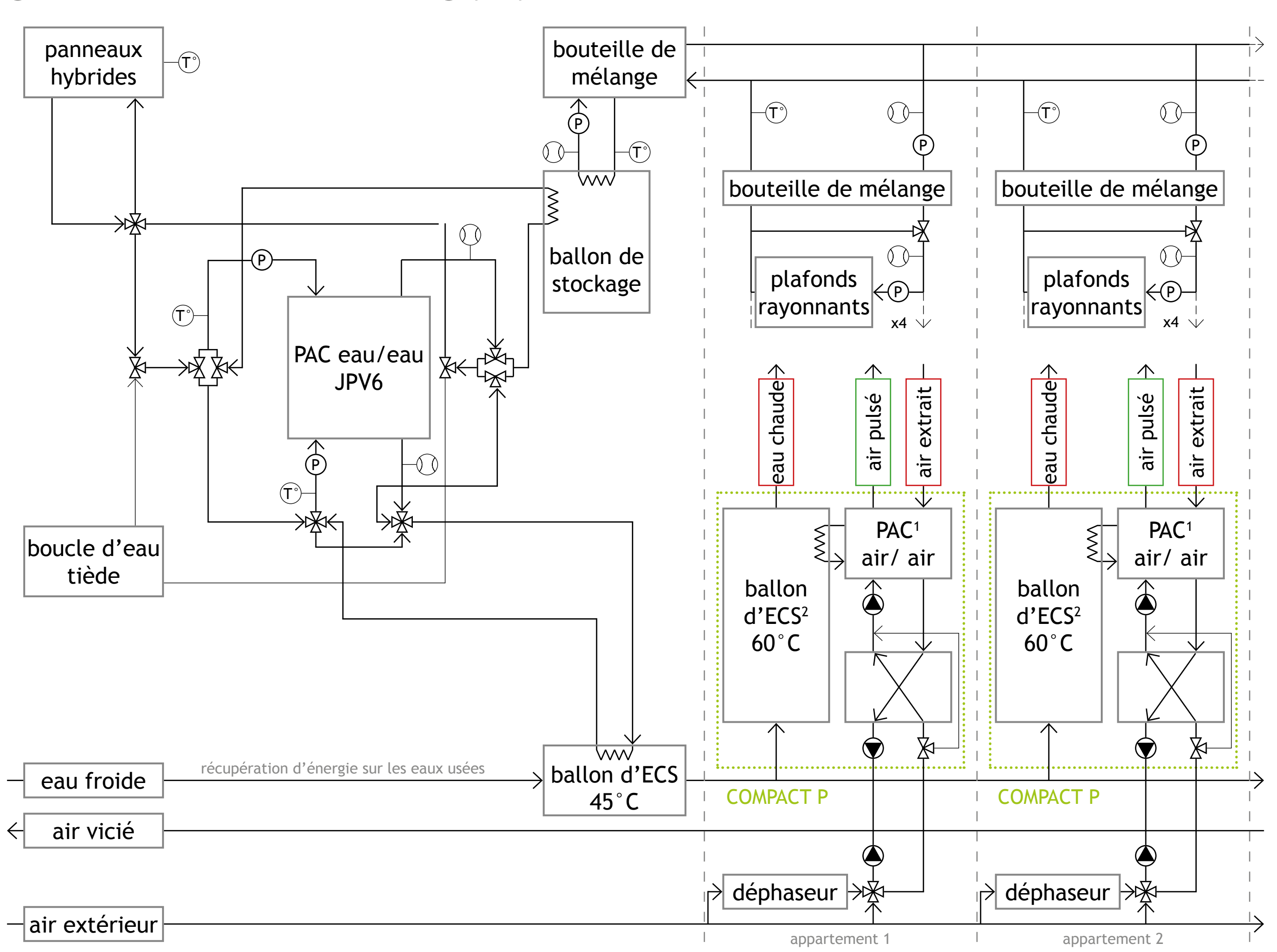
L'utilisation de panneaux rayonnants en plafond permet d'offrir un certain confort à l'occupant en utilisant des deltas de températures entre les panneaux et l'air ambiant très faibles (<5°C). Ce procédé permet d'éviter un phénomène de stratification en température de l'air. De plus, cela permet un affranchissement des contraintes rencontrées avec les panneaux rayonnants en murs ou en sols qui nécessitent une vigilance sur l'aménagement de l'espace.
Un ballon tampon de 250 litres permet d'éviter une production instantanée pour répondre aux besoins. La production peut donc être planifiée en fonction des demandes en ECS ou en fonction des conditions énergétiques du réseau.
A l'échelle de la tour, une répartition des équipements entre l'échelle collective et l'échelle individuelle permet à chaque occupant de choisir son propre confort (température, débit d'air).

La ventilation assure une part du chauffage/refroidissement. Grâce à un échangeur, la chaleur de l'air vicié est récupérée en hiver afin de réchauffer l'air entrant, alors qu'en été, l'air peut être rafraîchi. Cela permet de limiter considérablement la consommation énergétique.

La production d'ECS est étroitement reliée à la production de froid et à la ventilation.

capteur de température
capteur de débit et température
ventilateur
vanne 4 voies
vanne 3 voies
pompe

Schéma des réseaux hydrauliques, aérauliques et de leur monitoring dans une nanotour.



Équipements

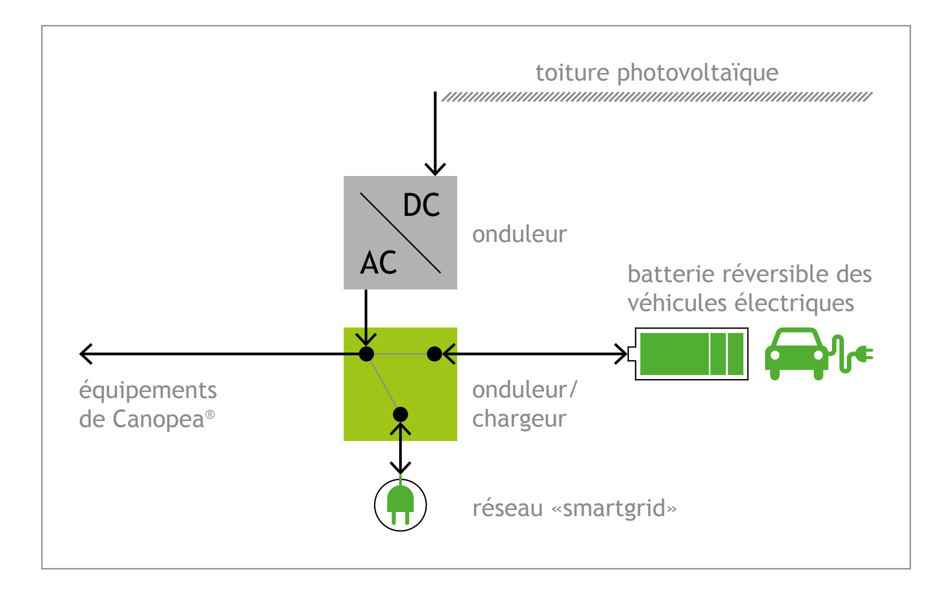
Installation thermique :
Cette installation thermique se compose des équipements suivants :
- une pompe à chaleur air/air + double-flux = Nilan Compact P,
- une pompe à chaleur eau/eau = Nilan JVP,
- un déphaseur,
- un ballon de stockage ECS,
- un ballon de stockage thermique,
- des panneaux solaires hybrides Dualsun.

Installation photovoltaïque :
La toiture est équipée d'une installation photovoltaïque permettant de fournir plus de 10 MWh/an à Grenoble. Celle-ci assure environ 70 % de sa production annuelle sur la période estivale. Cette production saisonnière permet d'apporter une contribution au réseau urbain alors que celui-ci est en période creuse, en effet la production des centrales à cogénération ralentit en été : le besoin en chaud étant très limité la production d'électricité faiblit. Le projet Canopea® « soulage » ainsi le réseau.

Stockage d'électricité :
Un onduleur chargeurs (Studer), permet : de distribuer la production électrique de la toiture dans les batteries des voitures électriques localisé dans un parking silo, de consommer l'électricité en interne, de stocker l'électricité sur le réseau. Nous utilisons le stockage sur batterie des véhicules électriques pour soulager le réseau électrique français aux heures de pointe.

Gestion technique du bâtiment :
Dans le but d'augmenter l'efficacité globale et de réduire les consommations d'énergies, le bâtiment est monitoré (comptage des consommations, prises de mesures de température, humidité, CO2, luminosité, vent) et les actionneurs sont contrôlés (contacteurs aux fenêtres, commande des stores, des volets, des points lumineux, des prises, des machines thermiques…) par un réseau dit «intelligent» (réseau Schneider Electric KNX).
Une interface homme/machine matérialise ces informations sur une tablette tactile. Plutôt que prédéfinir des scénarios d'usages types prenant le pas sur l'usager, nous avons préféré axer le développement de cette interface suivant une logique de conseil à l'habitant (sms envoyé sur la tablette) guidant l'usager vers un comportement sobre en énergie. Cette tablette sert également d'interface avec les services de la tour (location de la buanderie, de l'étage commun, forum avec les habitants) et les services du quartier (drive, planning et réservation des moyens de transport…).

Schéma de l'installation de la partie stockage de l'installation électrique.



Interfaces « maison » et « copropriété » de la tablette tactile, donnant des informations et des conseils à l'habitant.



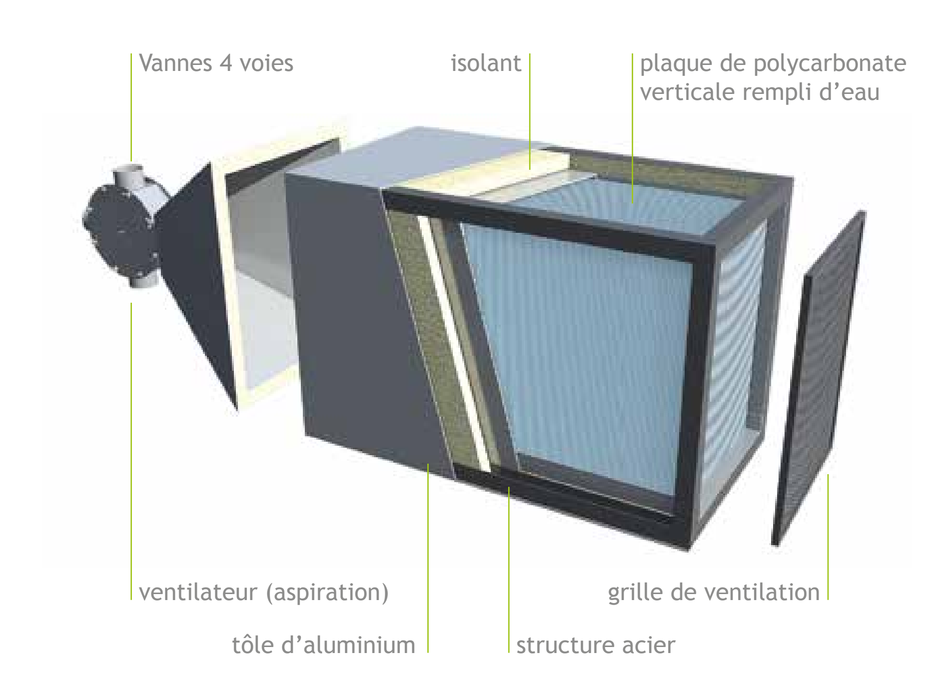


Déphasage

Selon la même logique de soulagement du réseau, certaines installations de Canopea® permettent de décaler les pics de consommation du logement afin d'éviter d'utiliser le réseau aux heures pendant lesquelles il est le plus sollicité. Ainsi, deux ballons (ECS et thermique) permettent de stocker l'énergie nécessaire aux besoins du logement sans faire appel au réseau. Ces ballons sont « rechargés » (ou « déchargés » en refroidissement) en dehors des pics de consommation. Le ballon de stockage thermique est en outre rempli de matériaux à changement de phase permettant d'augmenter sa capacité de stockage.

Au niveau de l'installation de ventilation, un système thermique innovant et particulièrement efficace en mode rafraîchissement est installé. Développé par Pierre Holmuller de l'Université de Genève, le déphaseur thermique permet de fortement limiter les besoins de climatisation. C'est une boite isolée, équipée de plaques de polycarbonate remplies d'eau. L'air est aspiré d'un côté et rejeté de l'autre. Ce système permet de déphaser l'air entrant dans le système de ventilation de 12 heures. Ainsi en pleine journée l'air entrant dans la double-flux est à la température de la nuit précédente.

Enfin, une dernière stratégie de déphasage est mise en place sur l'installation photovoltaïque. Elle est reliée à des batteries elles-mêmes connectées sur le réseau. Ce stockage d'électricité permet de faire un écrêtement des pics de consommation en prenant la consommation interne du logement sur celles-ci lors de fortes sollicitations du réseau urbain. Ces batteries sont également utilisées pour la charge des voitures électriques.



Le déphaseur thermique, innovation de l'institut Forel de l'UNIGE.

Exergie et valorisation des pertes

La stratégie énergétique de Canopea® vise à limiter les pertes énergétiques à toutes échelles. Une réflexion sur les concepts d'exergie (aspect qualitatif de l'énergie) et d'entropie nous ont amenés à élaborer une stratégie de valorisation des pertes énergétiques. L'idée est d'épuiser la ressource énergétique jusqu'à ce que son exergie soit la plus faible possible, voire nulle.

Ce concept est appliqué à toutes les échelles du projet,voici quelques illustrations :
- **urbaine,** récupération d'énergie thermique sur le réseau d'assainissement, récupération des rejets thermiques des usines du quartier,
- **architecturale,** valorisation du rayonnement solaire reçu par la toiture en électricité (panneaux photovoltaïques) et en énergie thermique (panneaux hybrides PV/thermiques),
- **systèmes actifs du bâtiment,** utilisation de la pompe à chaleur eau/eau entre le ballon d'ECS et le stockage thermique froid ventilation double-flux,
- **équipements du bâtiment,** valorisation de l'énergie thermique dissipée par l'échangeur du réfrigérateur pour le chauffage de la salle de bain.



Énergie grise de l'alimentation



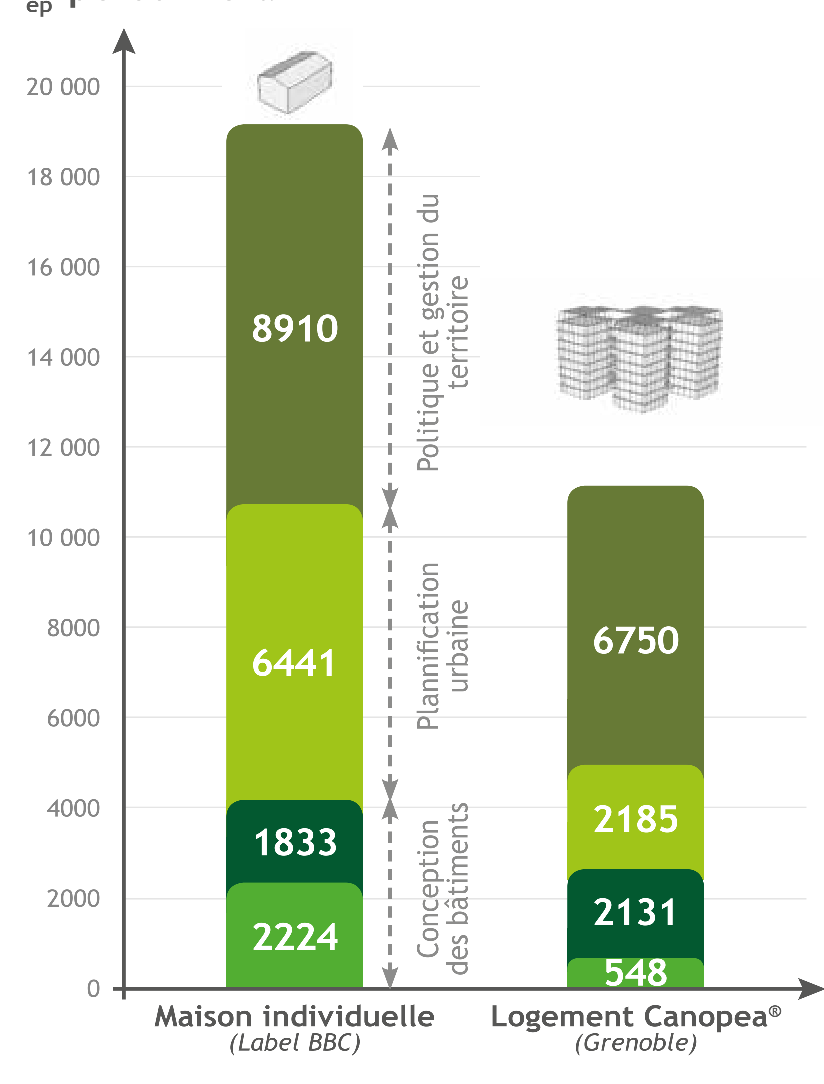
Énergie grise transports journaliers



Énergie grise des matériaux et des systèmes



Énergie consommée (ECS, CVC, éclairage)



Le graphique compare l'empreinte énergétique globale en kWhPE/personne/an, entre un logement Canopea® et une maison individuelle BBC située en périphérie de Grenoble.

Maison Individuelle : Consommation énergétique : le label BBC a été pris en référence, soit une consommation de 60,66 kWh$_{PE}$/m$^2_{SHON}$/an (poste réglmentaires: ECS, CVC, éclairage) avec un ratio énergie primaire / énergie finale de 3,13 (Facteur ACV), Énergie Grise: ENR d'une maison basse consommation : 50 kWh$_{PE}$/ m$^2_{SHON}$/an (Etude du CSTB "HQE Performances : capitalisations et premiers retours"), Énergie Grise des transports journaliers : estimation avec la méthode SIA, Énergie grise de l'alimentation : estimation réalisées avec FoodPrint Calculator. Surface de la maison individuelle : SHON = 110m².

Logement Canopea® : Consommation énergétique : simulation thermique dynamique réalisée pour un logement Canopea® situé dans une nanotour sur la Presqu'île grenobloise, en accord avec la réglementation thermique 2012 (Variation de température : 19-28°C, postes réglementaires : ECS, CVC, éclairage, production photovoltaïque plafonnée à 1389 kWh/year) : 19,6 kWh$_{EP}$/m$^2_{SHON}$/an. Ratio énergie primaire / énergie finale de 3,13 (PV production ratio : 2,58 ratio (production d'énergie locale)), Énergie Grise : ENR des matéraux constituant l'enveloppe et des systèmes installés : 66,69 kWh$_{EP}$/ m$^2_{SRE}$/an, Daily mobility embodied energy : estimation with the SIA method, Énergie grise de l'alimentation : estimation réalisées avec FoodPrint Calculator. Surface du logement Canopea® : SHON = 81,3m²



Le projet Canopea® : un groupement de nanotours formant un écosystème urbain, mutualisant ressources et foncier.



Le prototype Canopea® : une extraction des deux derniers étages d'une nanotour.

L'habillage de l'exo-structure et des mains courantes, ainsi que les lattes des terrasses, sont en frêne thermochauffé (Ducerf), technique conférant au bois une résistance durable aux conditions climatiques.

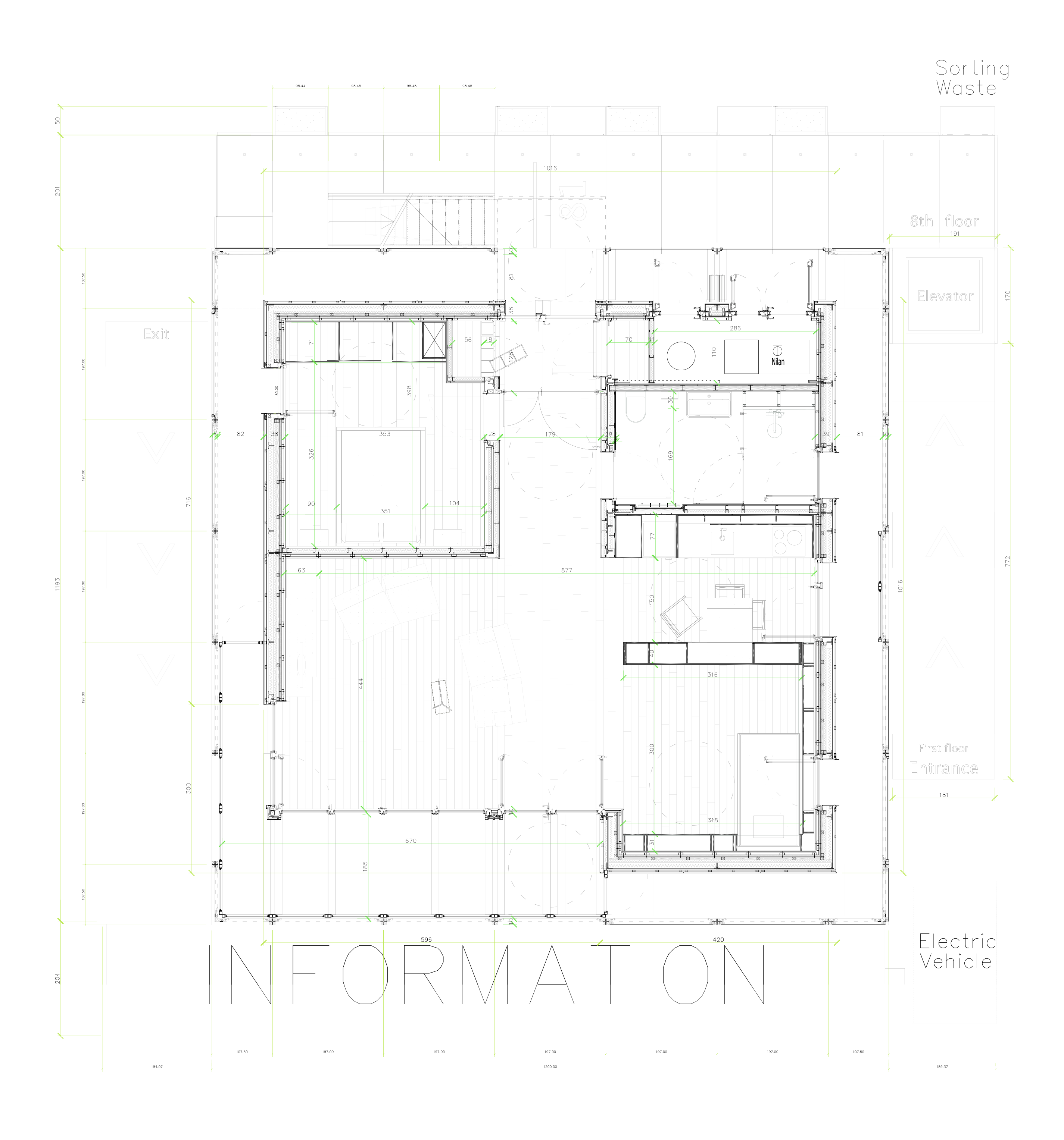
Les ventelles orientables en verre (Interpane) participent à la régulation thermique du bâtiment. Fixées au niveau de chaque logement sur des chassis coulissants (Hawa), elles autorisent un dégagement visuel complet et une ventilation naturelle maximum.

Les toiles (Serge Ferrari - Soltis® 86) sont utilisées pour protéger du rayonnement solaire l'été et du vent l'hiver. Motorisées, ou sur chassis fixes, elles sont indispensables dans la stratégie thermique passive du bâtiment.

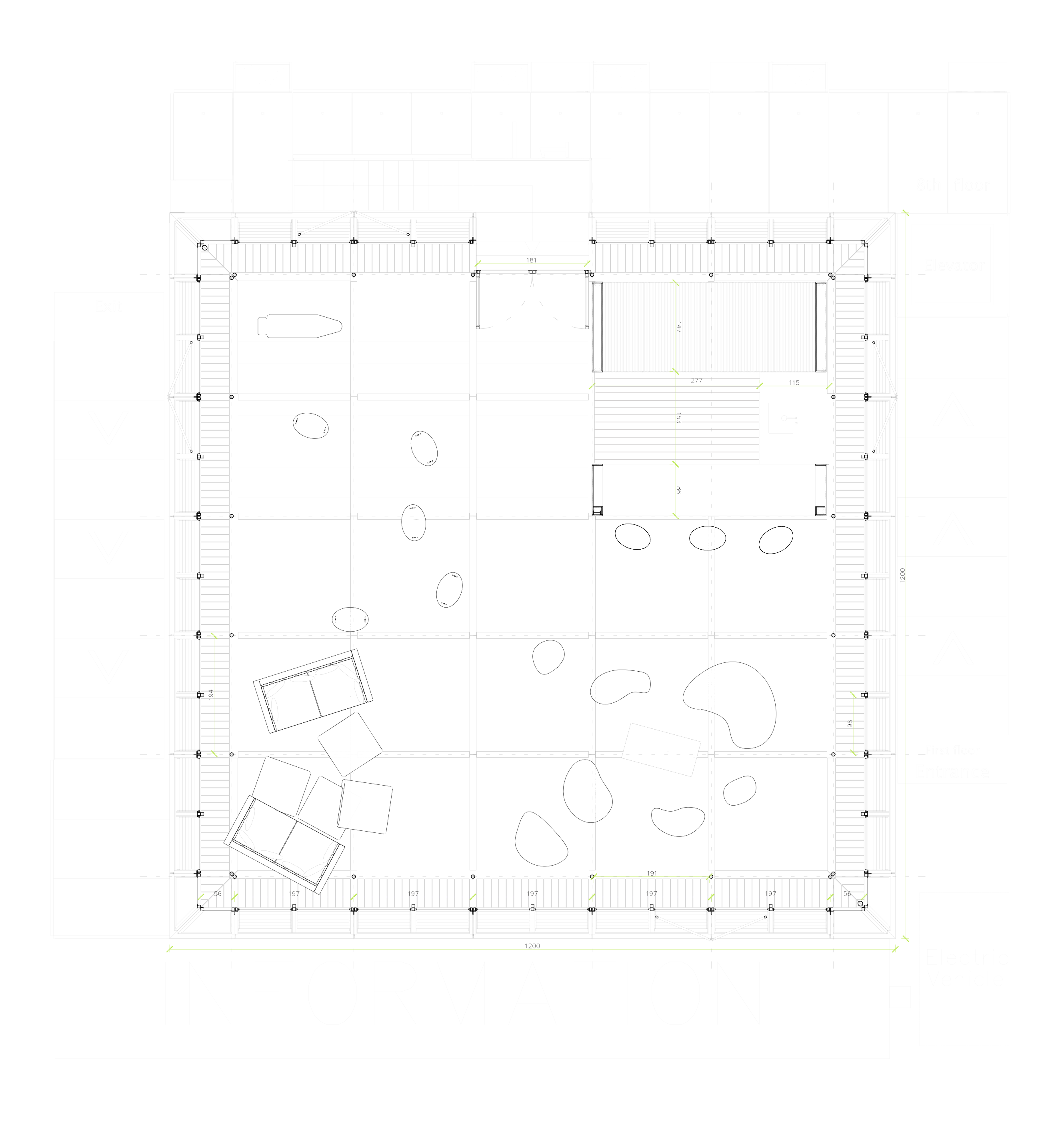
Comme dans une vraie nanotour, des garde-corps (Carlstahl) ont été réalisés.




CANOPEA®
NANOTOWERS
IN THE CITY



RDC : Étage d'habitation de Canopea®



R+1 : Étage commun de Canopea®

TEAM RHÔNE-ALPES
LE PROTOTYPE CANOPEA®
LE SOMMET D'UNE NANOTOUR

Le prototype Canopea® ayant participé à la compétition *Solar Decathlon* 2012 est une extraction des deux derniers niveaux d'une nanotour. Bien qu'étant une représentation partielle d'une tour, tout a été mis en œuvre pour que cet habitat fasse la démonstration de ses interactions avec les autres bâtiments et les infrastructures urbaines du quartier dans lequel il a été imaginé. Il est conçu pour accueillir un couple (exigence du règlement du *Solar Decathlon Europe*). Le premier niveau est une habitation de 68 m² et l'étage supérieur représente l'espace collectif de la nanotour d'une surface de 144 m².

Chaque logement dispose des qualités architecturales et spatiales d'une maison individuelle. On retrouve ainsi la possibilité de faire le tour de chez soi, de disposer d'une vue à 360° ou encore de bénéficier d'extensions extérieures, d'espaces réservés au jardinage et d'annexes de rangement. Ces annexes sont localisées sur les coursives communes qui permettent d'accéder à la maison. Tous ces dispositifs facilitent une réelle appropriation du logement.

La radicalité dans l'alternance des espaces clos et des espaces ouverts exprime un parti pris architectural fort. On perçoit la volonté d'effacer la limite entre l'intérieur et l'extérieur du logement. Cet effort est réalisé dans l'optique de mettre en valeur un des atouts majeurs du site : le grand paysage. En effet, Grenoble entretient une relation visuelle très forte avec les massifs montagneux environnants qui jouent un rôle de repère très important. Les dispositifs architecturaux mis en place participent ainsi de la relation de l'habitant avec la nature.

Certains espaces, dont l'usage nécessite calme et intimité, sont contenus dans trois boîtes introverties aux ouvertures maîtrisées. L'espace de vie, très largement vitrée, bénéficie ainsi d'une grande qualité lumineuse et visuelle.

Entre enduits de terre, peintures minérales, utilisation du bois, les matériaux naturels sont privilégiés. Les trois unités de vie sont différenciées par leurs matérialités intérieures. La terre y est largement utilisée. Sa variabilité en terme de couleurs et d'aspects ainsi que son association avec d'autres matériaux, permet à chaque espace de disposer d'une identité propre.

Les trois boîtes accueillent respectivement une chambre, un cœur technique regroupant la cuisine, la salle de bain et le local technique, et enfin un espace évolutif. La salle de bain et la chambre, de par leur disposition au Nord, sont volontairement en retrait par rapport aux espaces communs et à leurs activités, sources de nuisances sonores au quotidien.

L'organisation de l'espace a été pensée pour optimiser le fonctionnement passif du logement. Les pièces sont donc distribuées de sorte à bénéficier de l'ensoleillement naturel le plus largement possible tout au long de la journée. La cuisine et la salle de bain sont situées à l'Est puisqu'utilisées principalement en début de journée. Le salon est positionné au Sud-Est afin de profiter de l'ensoleillement naturel le plus longtemps possible.

Le principe spatial est pensé pour faire face aux contraintes d'un milieu urbain dense dans lequel les masques solaires sont légion. Ainsi le positionnement des boites est flexible, de la sorte les ouvertures peuvent cadrer les points de vue remarquables et optimiser les apports solaires quel que soit l'environnement.

Construction

Le prototype Canopea®, de même que l'Armadillo Box® ont été entièrement conçus, préfabriqués et assemblés par les étudiants. Les deux projets ont respectivement necessité quatre et six mois de construction aux Grands Ateliers de l'Isle d'Abeau. C'est une véritable vie en communauté qu'ont partagé les décathlètes à cette occasion. Vivant et travaillant ensemble jours et nuits, cette aventure restera indéniablement gravée dans les esprits comme une expérience professionnelle et humaine hors du commun.



78



79

80

78, 79 - La façade Sud du prototype Canopea® lors de son exposition à Madrid en septembre 2012.
80 - Un panneau d'information explique aux visiteurs qu'ils ne sont pas dans une maison de deux étages, mais bien au huitième et neuvième étages d'une nanotour située dans un écosystème urbain.

TEAM RHÔNE-ALPES
LE PROTOTYPE CANOPEA®
L'APPARTEMENT AU 8ÈME ÉTAGE

Les espaces intérieurs

La salle de bain est conçue comme une pièce à part entière, ce qui explique la générosité de cet espace. Elle dispose d'une ouverture sur l'extérieur apportant lumière et ventilation naturelles. L'utilisation du bois et d'enduits en terre dans cette pièce donne une atmosphère concordante vis-à-vis du reste du logement. De plus l'emploi du matériau terre dans un espace humide est judicieux puisqu'il possède des caractéristiques naturelles lui permettant de réguler l'hygrométrie. On peut noter la présence d'un sèche serviette aux caractéristiques particulières. Un dispositif simple a été mis en place pour utiliser les déperditions de chaleur du réfrigérateur situé derrière la paroi qui sépare la salle de bain de la cuisine. Une grille de ventilation oriente l'air extrait de l'arrière du réfrigérateur en direction du sèche serviette. Ce dispositif est caractéristique de la démarche d'optimisation de valorisation des pertes thermiques. Une plus grande efficacité énergétique globale est recherchée en combinant des usages complémentaires. Dans ce cas précis la performance du réfrigérateur est accrue - puisque la surchauffe est évitée - tout comme le confort de l'usager, le tout sans sur-consommation.

La chambre est conçue pour offrir une atmosphère intimiste, des matériaux chauds sont utilisés avec un enduit en terre couleur caramel et un parquet en chêne massif. Une attention toute particulière a été portée sur l'acoustique de cet espace. Afin d'en rendre l'usage agréable, il fallait le protéger de toutes les nuisances sonores provenant des espaces de vie. Pour ce faire des chicanes acoustiques ont été mises en place : elles empêchent la propagation des ondes sonores tout en étant garantes de la qualité de l'air en permettant son extraction. C'est un espace très calme dont l'intensité sonore, la qualité de l'air et le niveau d'ensoleillement sont contrôlés pour offrir une bonne qualité d'ambiance à l'habitant.

81



82



83

81 - Le salon est largement ouvert vers l'extérieur. Une baie vitrée en accordéon de 3,7m (André) peut s'ouvrir entièrement.
82 - Lorsque la baie vitrée est ouverte, le salon se prolonge vers l'extérieur. On perçoit la continuité entre le parquet en chêne massif et le frêne chauffé de la terrasse (Ducerf).

83 - Un volet roulant à lames orientables (Bubendorff) protège le salon des rayons du soleil.



Les matériaux naturels sont privilégiés, un parquet en chêne massif (CBM), des enduits en terre (Akterre), une peinture minérale (Matériaux Naturels).



TEAM RHÔNE-ALPES
LE PROTOTYPE CANOPEA®
L'APPARTEMENT AU 8ÈME ÉTAGE



85



86

87

85 - Les murs de la chambre sont traités en enduit de terre.
86 - La salle de bain équipée d'une douche à l'italienne, bénéficie d'une ouverture généreuse vers l'extérieur.

87 - La cuisine intégrée (Cuisinella) ne comporte pas de meuble haut. Ce choix assumé permet d'avoir un plan de travail et une crédence intégrant des rangements en béton (Vicat et Arthémia).



88



89



90



91

88 - Le sas d'entrée, traité avec des verres à opacités différentes, permet d'avoir un éclairage naturel dans la pièce de vie tout en gardant une certaine intimité.

89, 90, 91 - Dans l'espace de vie, un meuble mobile permet de moduler l'espace en créant une pièce supplémentaire. Un bureau et un lit d'appoint se déploient de la double peau et meublent cette pièce supplémentaire.

TEAM RHÔNE-ALPES
LE PROTOTYPE CANOPEA®
L'APPARTEMENT AU 8ÈME ÉTAGE

La matérialité de l'échelle humaine à l'échelle urbaine

Le choix des matériaux représente une étape importante dans le processus de conception. La texture des surfaces participe au rapport sensible que l'on entretient avec l'habitat. Le choix effectué est représentatif d'une posture prise à l'échelle du projet : faire cohabiter le bon sens commun issu de cultures constructives ancestrales et la modernité.

De ce fait, il existe une gradation visible entre les matériaux bruts et industrialisés mis en œuvre dans les espaces de circulation et les textures chaleureuses et palpables dont la présence croît à mesure que l'on entre dans la sphère privée du logement. Cette composition répond aux besoins sensibles et fonctionnels de chaque espace. Les matériaux durs comme l'acier ou le béton sont gages de la longévité des lieux de passage, ils leurs confèrent un aspect contemporain et high-tech. Les matériaux naturels comme la terre et le bois contentent le toucher, la vue, l'odorat et l'ouïe. Ils participent à rendre l'atmosphère du logement propice au bien-être de l'habitant.

La recherche d'un équilibre entre tradition et modernité permet d'offrir un terrain favorable à la fois à l'innovation et à la conservation des savoir-faire constructifs.

Cette recherche de l'innovation est poussée par la forme même de la compétition *Solar Decathlon*. Comme le dit si bien Ariella Masboungi à propos de Renzo Piano et de l'innovation : l'innovation ouvre le *« champ de l'imaginaire, nécessaire pour lancer des projets, séduire, convaincre. »*

Les matériaux de l'exo-structure : acier, verre, bois, aluminium...





93

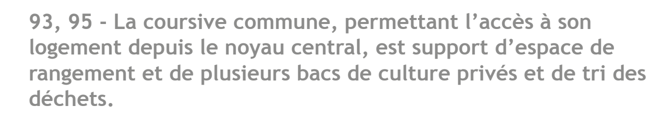


94

95



96



93, 95 - La coursive commune, permettant l'accès à son logement depuis le noyau central, est support d'espace de rangement et de plusieurs bacs de culture privés et de tri des déchets.

94 - La terrasse Sud est transformable en jardin d'hiver. Les coursives permettent de faire le tour de son logement comme dans une maison individuelle.

96 - La coursive répond à la problématique de l'entretien du bâtiment rendant les façades facilement accessibles dans des conditions de sécurité optimales.









TEAM RHÔNE-ALPES
LE PROTOTYPE CANOPEA®
L'ESPACE COMMUN

L'espace venant couronner la nanotour est partagé par tous les habitants. C'est un attique où certains équipements et activités se retrouvent mutualisés, le tout dans un environnement contrôlé de manière totalement passive.

Son bon fonctionnement implique une évolution des mentalités des français en ce qui concerne ce type d'espaces. D'autres contextes culturels ont montré que ce changement était possible comme en Europe du Nord ou aux États-Unis. Le statut de belvédère qui lui est donné dans le projet Canopea® le différencie cependant des espaces mutualisés que l'on trouve communément localisés dans les étages inférieurs dans ces pays. La compétition *Solar Decathlon* a permis d'éprouver une partie de son fonctionnement, il accueille aisément plusieurs dizaines de personnes dans des conditions de proximité tout à fait convenables.

L'attique abrite une cuisine d'été qui permet aux habitants d'organiser des événements familiaux ou encore des repas communs. Une buanderie commune est à disposition, outre les économies d'énergie qu'elle permet, elle représente un réel gain d'espace au sein de chaque logement, aspect non négligeable au regard du prix du m² habitable. Le lieu nécessite un minimum d'entretien et a été pensé pour minimiser les dépenses liées à son utilisation afin d'en faciliter la gestion.

C'est un espace extérieur dont la plage d'utilisation est augmentée par la présence de deux dispositifs passifs majeurs. Le premier d'entre eux est formalisé par la présence de lames de verres horizontales orientables,

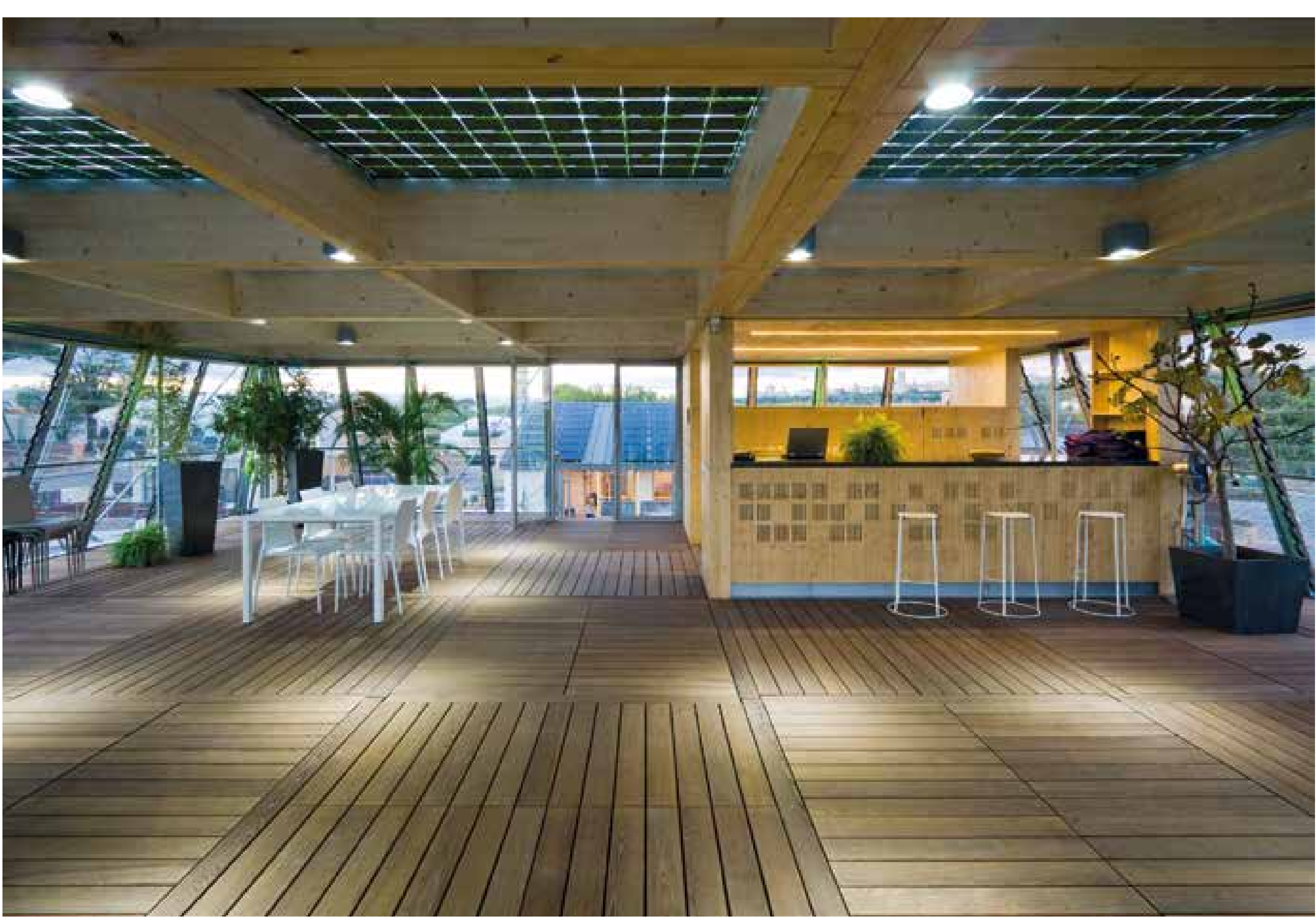


99

qui permettent de créer un effet de serre en hiver tout en protégeant les usagers du vent et des intempéries. À l'inverse l'été le tout est largement ouvert afin de favoriser la ventilation naturelle. Le choix de l'implantation de cet espace n'est pas le simple fait du hasard. Il est situé au sommet pour que tout le monde puisse bénéficier de la qualité exceptionnelle du paysage, mais également pour faciliter son rafraîchissement en été. Une étude montre que sur le site de la Presqu'île grenobloise, le vent souffle deux fois et demi plus fort à 30 m de hauteur par rapport au niveau du sol.

Le second dispositif concentre plusieurs fonctions, il s'agit de panneaux photovoltaïques bi-verre disposés en toiture. Pour répondre aux demandes des architectes, Tenesol, avec le groupe Total, a développé sa technologie BIPV (Building Integrated Photovoltaics) cristalline SI modules. Ces modules BIPV en verre feuilleté se composent de cellules photovoltaïques insérées entre deux épaisseurs de verre trempé extra-clair, sérigraphié ou teinté. Ces modules peuvent être intégralement personnalisés. Ils assurent l'étanchéité à l'eau, la production d'électricité, la protection solaire avec une surface opaque supérieure à 90 % et confèrent à l'espace une ambiance lumineuse toute particulière. La sérigraphie réalisée en sous-face de ces panneaux, associée aux interstices lumineux situés entre les cellules photovoltaïques, engendrent un jeu de lumière singulier. Cet assemblage recrée l'atmosphère du feuillage de la forêt, les ombres portées se projettent aléatoirement sur les poutres en bois dans une ambiance qui varie en permanence au gré de l'intensité du rayonnement solaire. L'utilisation de la métaphore végétale et la démarche biomimétique adoptée ont été source d'inspiration dans la définition de cet espace. Ici, le projet Canopea® porte particulièrement bien son nom.

Espace commun aux habitants de la nanotour, au second étage du prototype.



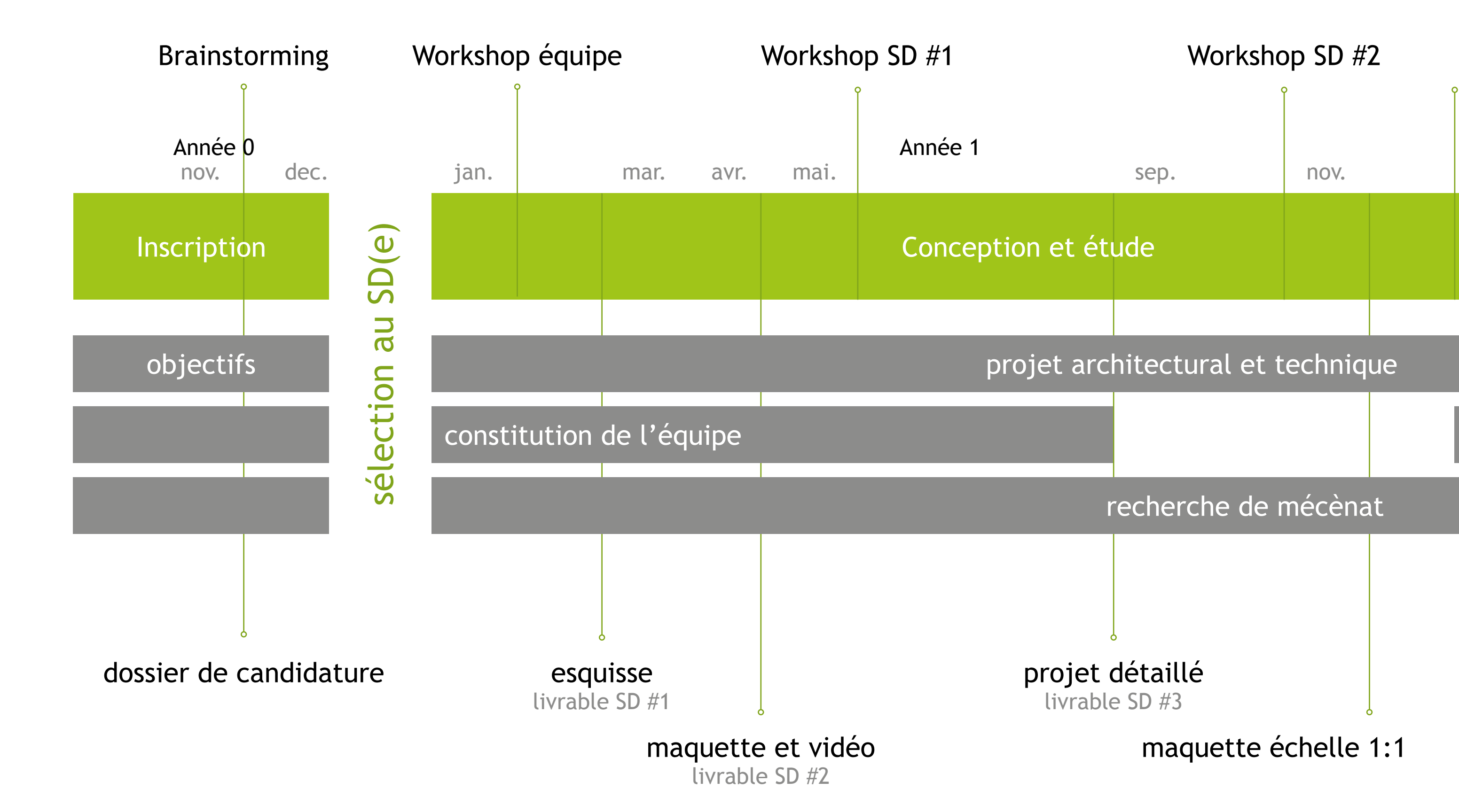




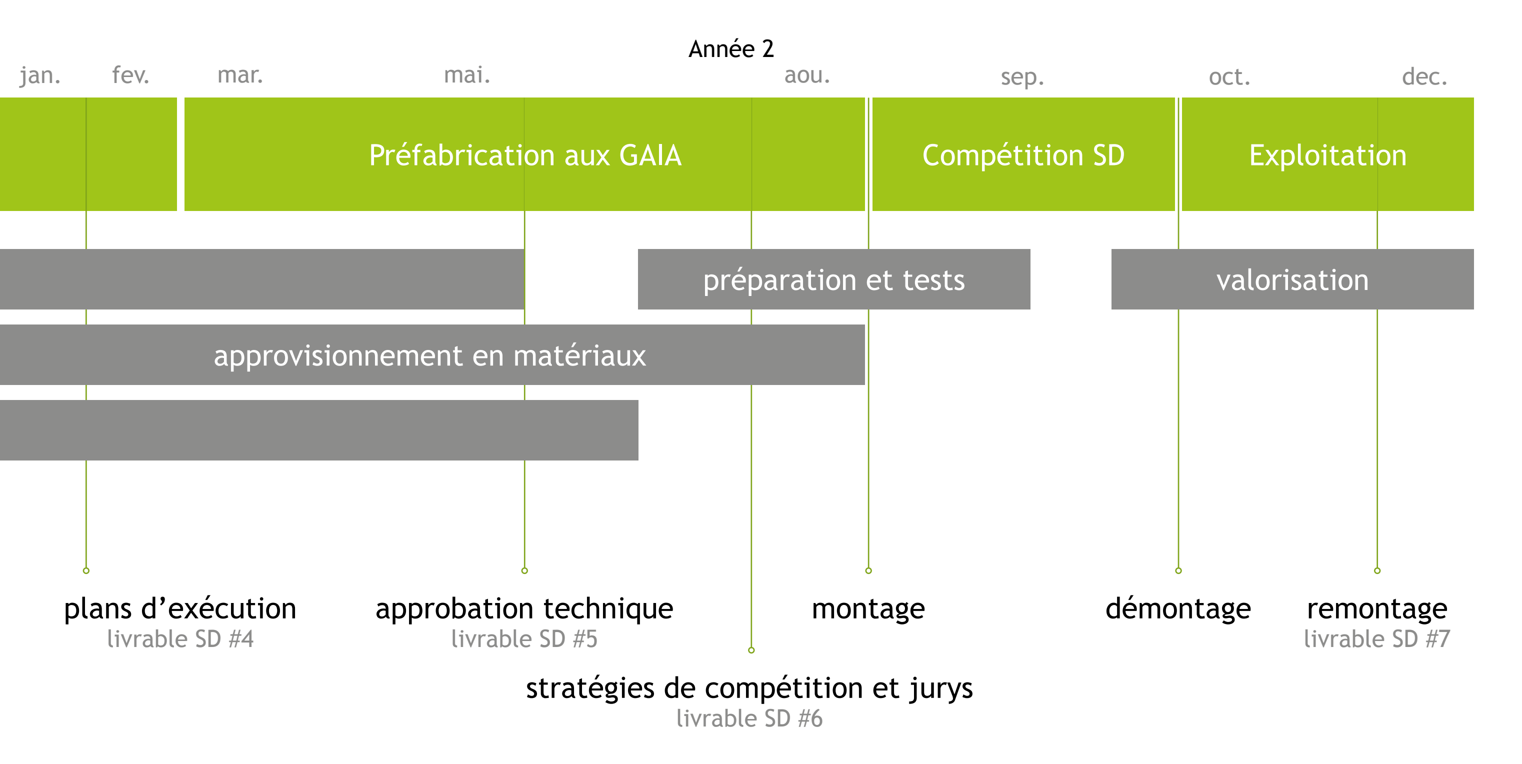



CANOPEA
NANOTOWERS IN THE CITY

SOLAR DECATHLON EUROPE 2012
CANOPEA®
1 AN ET DEMI DE COMPÉTITION



Workshop équipe



Calendrier de la compétition *Solar Decathlon Europe* 2012.

SOLAR DECATHLON EUROPE 2012
CANOPEA®
1 AN DE CONCEPTION ET ÉTUDE

Le calendrier du *Solar Decathlon Europe* est biennal afin d'être compatible avec le rythme académique.
Les écoles supérieures et universités membres de la Team Rhône-Alpes doivent intégrer le *Solar Decathlon* dans leur programme pédagogique, ce qui nécessite parfois des aménagements. L'organisation pédagogique est propre à chaque établissement en termes de temporalité et d'investissement. Certaines le gèrent comme une intervention dans le cadre d'une Unité d'Enseignement (UE) ou d'une matière. D'autres le considèrent comme un projet spécifique avec des périodes de stages intensif. D'autres l'intègrent dans le cadre d'un projet de fin d'études (PFE).

Le projet, développé sur deux années universitaires, coïncide avec le travail de plusieurs promotions, permettant d'étendre l'expérience à un maximum d'étudiants.
L'activité principale de conception du projet est concentrée en cycle master, à destination d'étudiants ayant déjà une certaine maturité.

Le calendrier de la compétition, similaire à celui d'un projet d'architecture, est jalonné de livrables et de workshops.

Pouvoir participer au *Solar Decathlon Europe* nécessite au préalable d'avoir été retenu parmi les 20 équipes ayant le droit de concourir.
Cette présélection se fait à partir d'un dossier présentant les axes de recherche et d'étude, l'équipe pluridisciplinaire, les sources de financements potentiels, les infrastructures à disposition....
L'équipe retenue, les études et la conception collaborative du projet peuvent débuter.
Une première promotion d'étudiants jette les bases de plusieurs projets d'habitat, pouvant tous devenir le prototype final (janvier 2011 – juin 2011). Les idées les plus intéressantes sont détaillées et combinées afin de faire émerger le projet le plus cohérent. L'équipe enseignante privilégie ce processus d'accumulations progressives à un système de sélection par éliminations successives. Le projet final est ainsi le fruit légitime d'une évolution « naturelle », plutôt que le résultat d'une sélection impitoyable. C'est un facteur déterminant pour garder l'intérêt des étudiants en éveil.
Ce procédé permet également de créer une émulation collective qui constitue le ciment indispensable d'une opération aussi ambitieuse : construire une maison complexe avec des gens inexpérimentés et en cours de formation. Le projet Canopea® est né !

Le projet Canopea® se précise durant l'été 2011 au cours d'un stage.
Des étudiants, ayant participé à la conception pour certains, issus de promotions inférieurs et profitant de ce stage pour rejoindre l'équipe pour d'autres, développent les dimensions architecturales et techniques du projet.

En septembre, une nouvelle promotion d'étudiants développe le projet avec l'objectif de le construire à Madrid. Ces étudiants sont encadrés par des enseignants et des ex-étudiants ayant participés à la conception du projet, diplômés depuis, en charge de transmettre les informations du projet à la nouvelle promotion et ainsi d'assurer une continuité du projet.
L'équipe se concentre sur les aspects formels et techniques de la construction. Le projet, et le prototype, sont développés dans toutes leurs composantes : économie du projet, industrialisation, soutenabilité, viabilité de marché, commandes de matériaux, sécurité sur chantier, planification des opérations de montage/démontage…
Tout au long de ces différentes phases, les étudiants et enseignants des différents établissements apprennent à travailler ensemble. Ils acquièrent un vocabulaire commun, découvrent les temporalités et les spécificités du travail de chacun.
Dans le même temps, avec l'aide de l'équipe du secrétariat général de l'INES, les étudiants et les enseignants recherchent des partenaires pour un soutien financiers, matériels, institutionnels rendant possible une telle opération.
Les étudiants ont ensuite l'occasion de découvrir le fonctionnement de certaines entreprises partenaires, et de faire des séances de mise au point techniques avec leur bureau d'études.



103



104



105



106

107



108

103 - Une séance de travail collaboratif entre étudiants architectes et ingénieurs à l'ENSAG.
104 - Workshop avec l'organisation madrilène au mois d'octobre 2011.
105 - Recherche de partenaires au salon BATIMAT à Paris.
106 - Visite de l'entreprise Menuiseries André, partenaire du projet Canopea®.

107 - Maquette du prototype Canopea® à l'échelle 1:1, réalisée aux GAIA par des étudiants en première année de master, lors du module acier au mois de décembre 2011.
108 - Les étudiants en architecture soutiennent leur projet de fin d'études (PFE) avec le projet Canopea® aux GAIA au mois de juin 2012.

SOLAR DECATHLON EUROPE 2012
CANOPEA®
4 MOIS DE PRÉFABRICATION AUX GAIA

Le projet développé, les partenaires trouvés, les matériaux commandés, la construction peut démarrer aux GAIA en avril 2012. Le chantier va durer quatre mois, de mai à août 2012.
La confrontation à la mise en œuvre est un moment très fort du projet, les étudiants peuvent enfin fabriquer ce qu'ils ont imaginé sur papier durant l'année d'étude.
Le travail ne se limite cependant pas à la préfabrication du prototype. Une partie de l'équipe poursuit l'écriture des présentations à faire en anglais devant les jurys, et prépare les visites du grand public qui auront lieu à Madrid. La communication, qui est une des épreuves de la compétition, monte en puissance. La logistique autour du prototype, de l'équipe, et du déplacement à Madrid s'organise en détail. Location d'appartements, cartons d'emballage, outillage à emporter, équipements personnel de sécurité, autorisations de circulation des convois, attestations de visite médicale de chaque décathlète, attestation d'assurance, permis d'engins... Rien ne doit être oublié !

L'avancement du chantier se fait au rythme des livraisons de matériaux pour la plupart donnés par des mécènes. Une organisation à la fois souple et rigoureuse est nécessaire pour s'adapter aux aléas des livraisons de matériaux et construire Canopea® dans le temps imparti.

Durant toute la durée du chantier aux GAIA, les étudiants travaillent, mangent, dorment ensemble.
Esprit et cohésion d'équipe sont des valeurs primordiales pour le bon déroulement de l'aventure.
Un investissement sans faille de chacun permet d'atteindre l'objectif initialement fixé : pouvoir présenter un prototype lors de la compétition internationale universitaire *Solar Decathlon Europe* 2012.

Les Grands Ateliers de l'Isle d'Abeau (GAIA), lieu de préfabrication des prototypes Armadillo Box® et Canopea®.





110 111 112 113 114 115

110 - Les profils métalliques de la structure des tranches sont livrés, la préfabrication peut commencer !
111, 112, 113 - La structure métallique est contreventée par des planchers et des panneaux verticaux en bois (Kerto Metsäwood).

114, 115 - Dans le même temps des châssis métalliques sont construits et serviront de support aux tranches préfabriquées afin d'éviter toutes déformations lors du transport à Madrid.






117


118

119


120


117, 118 - Une fois les structure en place, démarre la pose des bois d'ossature, de l'isolant en panneaux de ouate de cellulose (Soprema) en parois verticales.

119, 120 - L'isolant du plancher se fait en ouate de cellulose en vrac et la sur-isolation en panneaux d'isolants sous vide (Isolproducts et Porextherm). L'emploi de matériaux très performants se fait dans l'objectif de minimiser les épaisseurs des murs et des planchers afin de maximiser l'utilisation de l'espace urbain restreint et coûteux.


121


122

123

121 - Un étudiant pré-monte le circuit hydraulique : tuyaux, circulateurs, capteurs, vannes... du local technique (Uponor, IFM, Esbe).
122 - Les armoires électriques (Schneider Electric) sont pré-câblées avant d'être installées dans le prototype.

123 - Les « électros » de l'équipe tirent les gaines de ventilation et les gaines électriques. Chacun prend conscience de l'importance d'anticiper les interfaces entre corps de métier pour le bon déroulement du chantier.
L'étanchéité de l'enveloppe est précieuse et les câblages ne doivent pas la perforer !

SOLAR DECATHLON EUROPE 2012
CANOPEA®
4 MOIS DE PRÉFABRICATION AUX GAIA


124


125


126


127


128

124, 125 - Le chantier tourne à plein régime.
Certaines tâches nécessitent un accompagnement de professionnels : pose des menuiseries triple vitrage (André), application des enduits en terre, jointoiement des plaques de plâtre.

126, 127, 128 - Tous les espaces libres des GAIA sont annexés : stockage de matériaux, stockage d'éléments préfabriqués (moules de coffrages des dalles en béton fibré (Vicat), cadres de toiture équipés de panneaux photovoltaïques bi-verre (Monnet-Sève et Tenesol) espace de travail sur ordinateur, salle de repas…



Pose des enduits terre du prototype Canopea®


130


131


133


132


134

130, 131 - Toutes les pièces métalliques ont été conçues puis réalisées chez un charpentier métallique partenaire (Entreprise Bouchet). Quatre étudiants de la Team Rhône-Alpes ont été accueillis dans cette entreprise pendant deux mois. Ce sont eux, avec l'aide du personnel du bureau d'études de cette entreprise, qui ont modélisé la charpente métallique sur un logiciel spécialisé. Une expérience inédite pour ces étudiants !

132, 133, 134 - Une fois produite sur la ligne de découpe et d'assemblage CNC de l'entreprise Bouchet. Les pièces métalliques ont été transportées puis montées aux GAIA.


135


136

137


138

139


140

135 - L'assemblage du prototype peut commencer. Les tranches préfabriquées sont acheminées à l'extérieur à l'aide de rouleurs supportant des charges importantes.
136 - Les tranches (25 tonnes pour la plus lourde) sont positionnées sur les fondations à l'aide d'une grue.
136, 140 - Des palonniers ont été spécifiquement conçus pour éviter toutes déformations lors du levage des tranches et des exo-structures.

137, 138, 139 - Les étudiants appareillent les exo-structures qui sont assemblées autour des tranches, créant les coursives et l'étage du prototype. Le grutier a un rôle primordial lors de l'assemblage. Dextérité et précision sont des qualités requises Afin qu'elle se déroule en toute sécurité, les étudiants ont dû anticiper de manière détaillée toutes les phases de cette opération. Cette organisation est d'ailleurs demandée dans le dossier de compétition sous la forme d'un *Site Operation Plan*.

SOLAR DECATHLON EUROPE 2012
CANOPEA®
4 MOIS DE PRÉFABRICATION AUX GAIA

141



142



143

141, 142, 143 - Le prototype assemblé, l'équipe peut s'assurer que les éléments préfabriqués s'imbriquent parfaitement.
Le mois d'août est mis à profit pour faire différents tests : mise en eau des réseaux, test de la toiture PV, test « *blower door* » d'étanchéité à l'air… tout en continuant les finitions : peinture, pose du plancher…



144



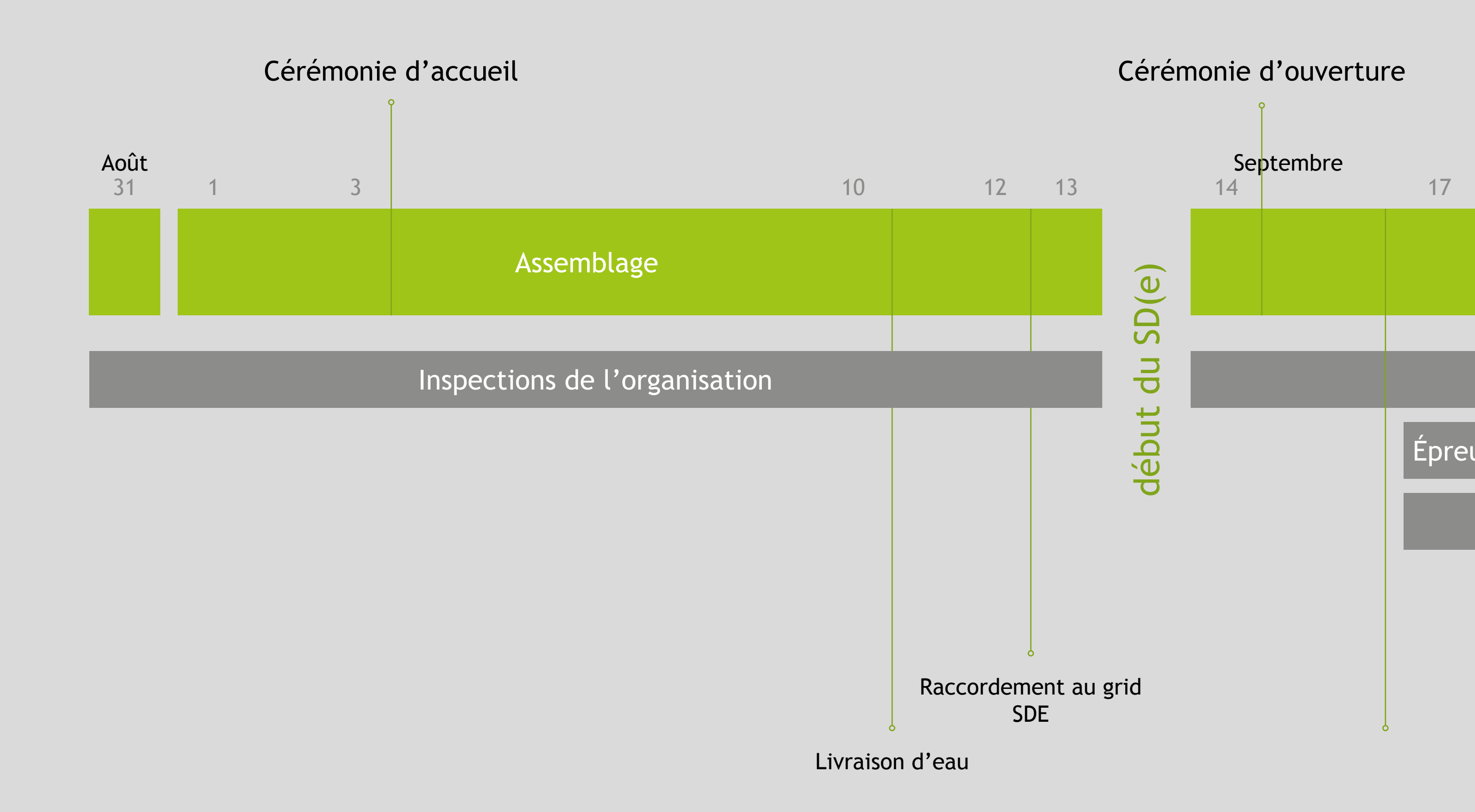
145

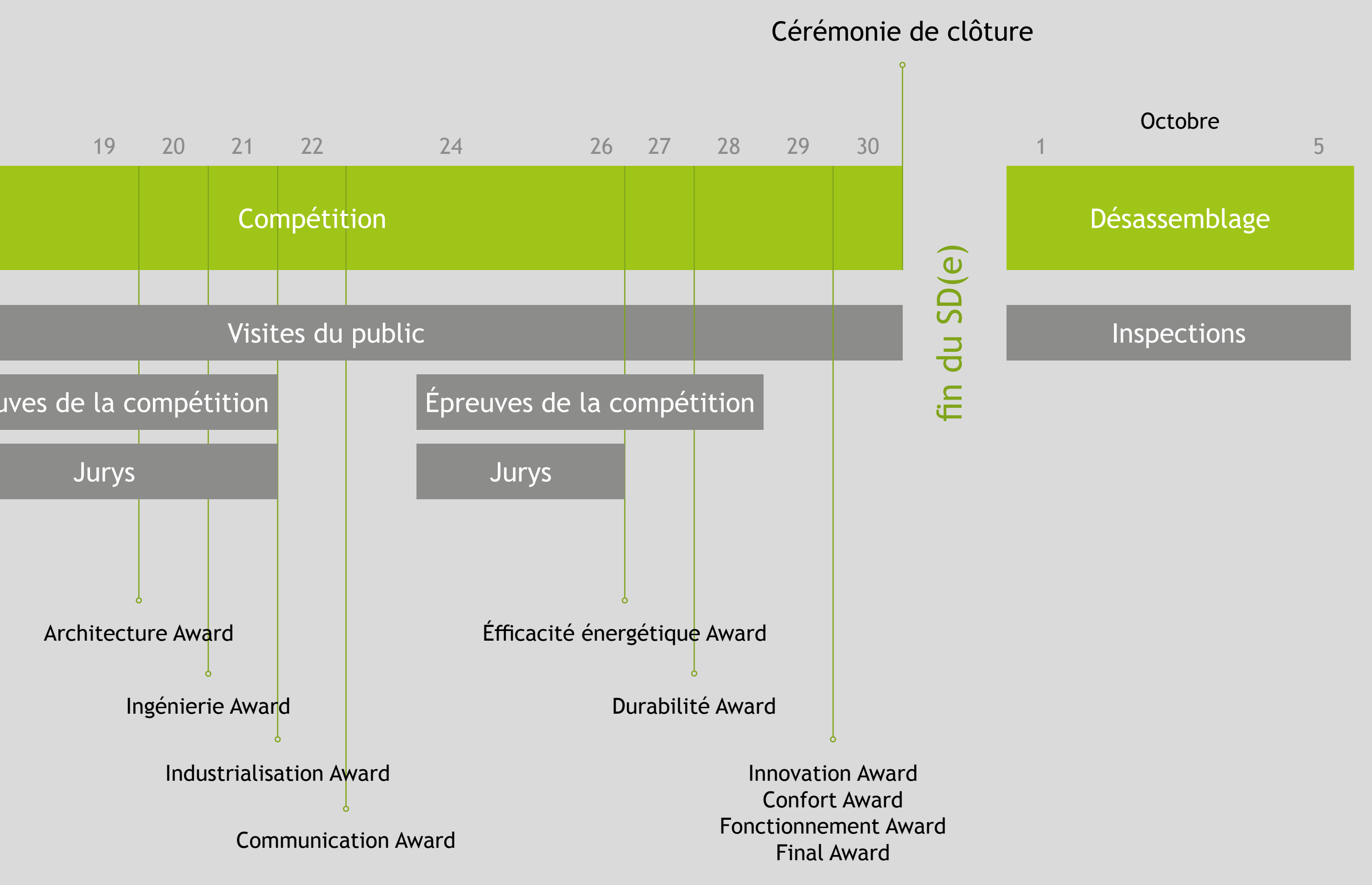


146

144, 145, 146 - Quelques jours avant le départ, le prototype est désassemblé, conditionné puis mis sur camion pour être transporté jusqu’à Madrid. Tout doit arriver en un seul morceau !

SOLAR DECATHLON EUROPE 2012
CANOPEA®
1 MOIS ET DEMI DE COMPÉTITION





Calendrier du mois de compétition à Madrid.

SOLAR DECATHLON EUROPE 2012
CANOPEA®
14 JOURS DE CHANTIER

1er JOUR



Le chantier du *Solar Decathlon Europe* quatre heures après son ouverture.

147

La compétition débute par la phase d'assemblage des 19 prototypes. Le chantier ouvre le vendredi 30 août à midi, l'excitation règne, la tension est palpable mais personne n'a l'autorisation de pénétrer sur le site avant le signal. Midi passé d'une minute : quelques 400 décathlètes se précipitent autour des grues et le ballet de camions peut commencer. Une logistique complexe est mise en place, l'arrivée des camions est prévue à la minute près pour ne pas créer d'embouteillages dans le village solaire et les plus gros convois sont escortés par la police.

La sécurité est le mot d'ordre au cours de toutes les opérations d'assemblage et de démontage des prototypes, les organisateurs veillent pour que tout se déroule dans de bonnes conditions. De fortes pénalités sont prévues pour ceux qui se mettraient en danger. Tout cela n'empêche pas l'interprétation de la réglementation – pourtant très précise – par certaines équipes. Les différences culturelles en la matière sont flagrantes...

Le chantier a débuté, mais certaines équipes ne sont pas encore présentes à Madrid, c'est le cas des Egyptiens qui rencontrent des problèmes avec la douane espagnole, il seront finalement contraints à l'abandon faute de temps pour construire leur prototype.

Il faut rappeler que le montage de Canopea® a déjà été réalisé une fois aux Grands Ateliers de l'Isle d'Abeau. La première mission de la Team Rhône-Alpes consiste à mettre en place les fondations du prototype. Cette opération est effectuée en quelques heures.

Le soleil a beau s'éclipser sous la ligne d'horizon, les équipes ne s'endorment pas et restent sur le pont. Les estimations montrent que l'assemblage de Canopea® devrait être réalisé rapidement. Forte de l'expérience acquise lors du *Solar Decathlon* 2010, la Team Rhône-Alpes s'est organisée autour de trois équipes effectuant des sessions de huit heures de travail, afin de terminer la construction au plus vite et surtout dans le but de parer à d'éventuels contretemps… Bien lui en a pris !

Rencontre avec un problème de taille

Les problèmes ne tardent pas à apparaître, tout avait pourtant été anticipé dans les moindres détails, sauf la variable aléatoire... Cinq heures après l'ouverture du chantier, l'organisation se rend compte que les dimensions des convois exceptionnels de la Team Rhône-Alpes sont trop importantes pour accéder au site de construction, un problème de taille. S'engagent alors des négociations qui vont se poursuivre jusque tard dans la nuit, dans un espéranto haut en couleur mélangeant allègrement l'espagnol, l'anglais, le français et le langage des signes. Un buldozer est finalement rapatrié d'urgence, une plateforme pour accueillir les convois est improvisée en contrebas du site d'assemblage.

La police amène les convois plus tôt que prévu : le ballet des grues, des camions et des engins de chantier s'accélère. Une armée de gyrophares illumine la scène. Tous les membres de l'organisation du SDE sont présents pour assister à l'arrivée des mastodontes.

Les vaillants camionneurs sont un soutien sans faille pendant toute la durée de l'opération. Ils sont toujours pleins d'énergie malgré la journée de travail qui précède. Au millimètre près, ils parviennent à s'insérer sur la plateforme prévue pour les réceptionner : c'est un premier soulagement pour tout le monde. Le grutier prend le relai et nous regardons la première des trois tranches qui composent le prototype - lourde de plus de 25 tonnes - s'envoler dans le ciel madrilène, non sans émotion.



148



149

1ère NUIT

3 heure du matin, la première tranche est levée. « Ouf » de soulagement pour la Team Rhône-Alpes.

148 - Le buldozer prépare une plateforme, le camion avec la première tranche de la maison attend juste derrière.
149 - La tension est à son comble, les tranches vont-elles pouvoir être acheminées juqu'à la parcelle? Une fois la plateforme faite, le camion peut s'avancer pour que les tranches soient prises à la grue. La première tranche est levée, 25 tonnes en suspension, il est 3 heure du matin.



2nd JOUR

150

▲ Les trois tranches ont été positionnées durant la nuit. L'assemblage de l'exo-structure peut démarrer.

Cette situation embarrassante fut la seule péripétie majeure rencontrée pendant toute la durée du chantier.

Le retard engendré est très rapidement comblé puisque dès le lendemain après-midi, les trois tranches sont assemblées. Les deux jours qui suivent sont consacrés au montage de l'exo-structure et de la charpente. La rapidité de montage fut un point prépondérant qui conditionna une partie de la conception du projet.

En effet l'objectif était de réaliser un pavillon itinérant, qui puisse être exposé dans plusieurs villes françaises. L'émulation et les effectifs seraient forcément à la baisse après la compétition, il fallait donc concevoir une maison qui puisse se monter et se démonter très rapidement. Le résultat est là, tant et si bien que la Team Rhône-Alpes peut se rendre sereinement à la cérémonie qui officialise le début du chantier, avec un prototype dont les contours définitifs sont déjà dessinés. S'en suivront neuf jours consacrés aux finitions et aux réglages des systèmes implémentés dans Canopea®.



151

3ème JOUR

152

153

151 - À chaque changement d’équipe, un passage de témoin se fait afin que chacun prenne connaissance des tâches en cours.
152 - L’exo-structure assemblée, les cadres de la toiture photovoltaïque sont posés.
153 - Le prototype est totalement assemblé en trois jours. Malgré le retard pris au départ, la Team Rhône-Alpes est dans le *timing* qu’elle s’était fixé.

Le prototype est totalement assemblé en trois jours. Cette performance marque les esprits des concurrents.

Cérémonie d'accueil

En ce premier lundi de septembre 2012, la Team Rhône-Alpes est la première à prendre place sous la grande tente érigée par l'organisation. Ce point de rassemblement sera témoin de tous les événements marquants du mois à venir. L'équipe échauffe ses cordes vocales et brandit fièrement la bannière tricolore. Les membres des autres délégations la rejoignent rapidement. Tout le monde prend conscience que les Roumains vont être de sérieux concurrents pour le titre d'équipe la plus animée du *Solar Decathlon* 2012. Les Italiens font honneur à l'élégance qui leur est propre, on croirait leurs tenues de chantier sorties tout droit d'un défilé de mode. La coupe de ces dernières fait encore débat… La tente est maintenant bondée, l'organisation, les officiels, les sponsors principaux et les 400 décathlètes sont réunis pour la première fois : c'est l'effervescence.

Les membres de l'organisation du SDE 2012, les représentants du gouvernement espagnol, de la ville de Madrid et des sponsors principaux se succèdent à la tribune. Les équipes sont maintenant présentées une à une, chacune est ovationnée, les drapeaux des différents pays flottent, les cris de joie se mélangent aux applaudissements au moment de clore cette cérémonie. L'ambiance est électrique, c'est officiel : l'aventure commence.

Une soirée est prévue, c'est l'occasion de faire connaissance, de partager un moment festif multiculturel. Une partie de l'énorme pression qui pèse sur les épaules des décathlètes depuis 18 mois s'échappe et provoque des scènes indescriptibles, une vraie complicité apparaît entre les compétiteurs.

Cette cérémonie éveille des sentiments multiples. Pendant deux ans chaque membre de chaque équipe a travaillé d'arrache-pied pour participer à cette compétition. Les regards échangés entre décathlètes en disent long, on ressent chez tous l'émotion de faire enfin partie de cette aventure. Chacun sait en regardant son voisin, sans avoir besoin de l'énoncer tout haut, que comme lui il a dû surmonter bon nombre de péripéties importantes et réaliser des sacrifices pour être présent aujourd'hui. Le sentiment profond d'une connaissance mutuelle est palpable. Sans jamais s'être côtoyés, tous ces decathlètes ont déjà une histoire commune.

« *Vous êtes les membres d'une seule et même équipe* » lance Maria, membre de l'organisation. C'est éclaboussant de vérité en cet instant. Une équipe mondiale qui, à travers son travail, cherche des solutions pour répondre aux défis immenses du développement durable.

4ème JOUR



Lors de la cérémonie d'ouverture, une bonne humeur flotte dans l'air.

12ème JOUR

155



156



157

14ème JOUR 22:00

155, 156 - Le prototype assemblé, les neuf derniers jours de chantier sont mis à profit pour les finitions intérieures et extérieures.
157 - L'organisation madrilène fait la dernière inspection préalable à l'entrée en compétition du prototype.
Tout est en ordre, la Team Rhône-Alpes a le droit de concourir au *Solar Decathlon Europe* 2012. Premier objectif validé, place à la compétition.

Trois jours d'assemblage, onze jours de finitions. Organisation et sécurité sont les deux maîtres mots de ce chantier.



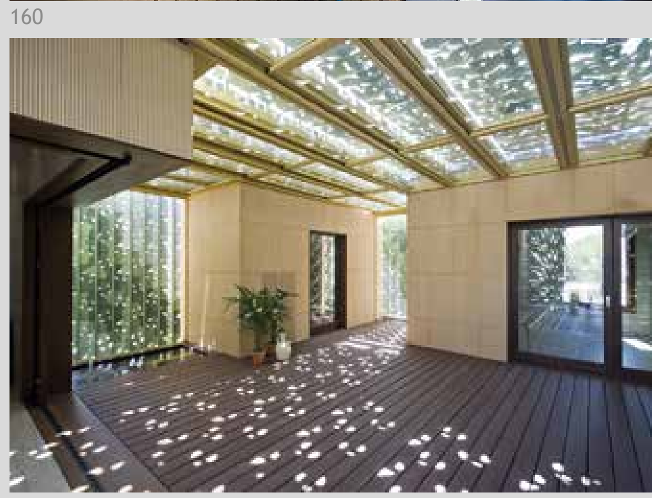




159


160


161


162


163


164

159, 160 - CANOPEA® : Team Rhône-Alpes (France)
161, 162 - PATIO 2.12 : Andalucia team (Espagne)
163, 164 - MED IN ITALY : team Rome (Italie)


165


166


167


168


169


170

165, 166 - ECOLAR HOME : HTWG Konstanz (Allemagne)
167, 168 - COUNTER ENTROPY HOUSE : RWTH Aachen University (Allemagne)
169, 170 - ODDO : Oddo Project (Hongrie)


171


172


173


174


175


176

171 - SML SYSTEM : CEU team Valencia (Espagne)
172 - (E)CO : (e)co team (Espagne)
173 - PRISPA : Prispa team (Roumanie)
174 - FOLD : team DTU (Danemark)
175 - PARA ECO-HOUSE - Tongji team (Chine)
176 - EKIHOUSE - EHU team (Espagne)



177



178

179



180



181



182

177 - SUMBIOSI : Aquitaine Bordeaux Campus (France)
178 - EKÒ HOUSE : team Brasil (Brésil)
179 - OMOTENASHI HOUSE : Chiba University (Japon)
180 - CEM' CASAS EN MOVIMENTO : Cem+Nem (Portugal)
181 - ASTONYSHINE : Paris Malaquais (France)
182 - CASA PI UNIZAR : Universidad de Zaragoza (Espagne)

SOLAR DECATHLON EUROPE 2012
CANOPEA®
15 JOURS D'ÉPREUVES

Après 18 mois de travail acharné sur le projet Canopea®, la Team Rhône-Alpes est enfin prête à concourir au *Solar Decathlon Europe* 2012. Être présent est une première victoire, le défi était immense tant le contexte est économiquement contraint. Paradoxalement, Pascal Gantet, responsable de la recherche de partenaires, témoigne de la difficulté grandissante à réunir des fonds pour cette seconde participation malgré l'expérience emmagasinée au cours du *Solar Decathlon* 2010. À plusieurs reprises, la candidature de la Team Rhône-Alpes fut ébranlée et c'est bien la synergie entre ses membres et ses nombreux partenaires qui permet à l'équipe de concourir. Alors que le starter retentit, chacun garde en tête l'abandon de plusieurs autres équipes en cours de route. Ce sont ces échecs qui permettent à tout un chacun de mesurer la chance qu'il a d'être présent sur la ligne de départ.

La compétition voit s'affronter 18 équipes pendant 15 jours intenses, les jurys se succèdent à un rythme effréné, les épreuves monitorées se répètent implacablement, la stratégie de course est en permanence réévaluée en fonction des données météorologiques et des comportements instantanés du prototype, les pavillons sont visités par des milliers de personnes[1] curieuses de découvrir ce que pourrait être l'habitat du futur. Cet enchaînement pousse les équipes à se surpasser.

[1] 220 000 visiteurs selon l'organisation du SDE

Dimanche 16 septembre au soir, l'équipe est à pied d'œuvre pour régler les derniers détails avant le début de la compétition à minuit pile.

Minuit, c'est parti pour deux semaines de compétition.

18ème JOUR
24HOO

183



184

La Team Rhône-Alpes fait une haie d'honneur pour accueillir les membres des jurys.

La compétition

La compétition commence donc le dimanche 16 septembre à minuit. La première semaine s'annonce déjà décisive avec le début des épreuves monitorées et trois critères qui seront évalués par des jurys : l'architecture, la communication ainsi que la viabilité de marché et l'industrialisation. Les premiers jours sont en demi-teinte, il faut piloter la maison comme dans une régate, de plus il faut s'approprier certains aspects du règlement de la compétition. À l'image du décathlon sportif, le classement est donné en temps réel. Le retour d'information des épreuves monitorées le fait évoluer en permanence. Les résultats des épreuves sanctionnées par les jurys sont quant à eux connus le jour-même, au cours d'une cérémonie où le suspens est insoutenable, les membres des jurys usant de tous les artifices possibles pour retarder l'annonce des équipes récompensées.

Les jurys

Les présentations sont réalisées en anglais par les étudiants. C'est une lourde responsabilité puisque la somme des points distribués dans chacune des épreuves est importante : la précédente édition européenne du *Solar Decathlon* a vu le vainqueur (l'université de Virginia Tech) précéder son dauphin (l'université de Rosenheim) de seulement 1 point. Mais c'est surtout un honneur, puisque les étudiants ont l'opportunité de représenter leur équipe et de défendre leur projet devant des jurys internationaux de haut niveau.

SOLAR DECATHLON EUROPE 2012
CANOPEA®
15 JOURS D'ÉPREUVES

Chaque présentation aux jurys est un numéro d'équilibriste dont l'enjeu principal est de transporter les membres qui les composent jusque dans la ville de Grenoble, sur le quartier de la Presqu'île. L'équipe travaille le projet Canopea® à l'échelle urbaine depuis un an et demi, le message qu'elle s'emploie à faire passer aux jurys est le suivant : « Vous allez visiter les deux derniers étages d'une tour, partie prenante d'un écosystème urbain. La cohérence du projet Canopea® s'apprécie au regard de l'échelle territoriale. Le projet est pensé jusque dans ses moindres détails pour s'intégrer au tissu des villes françaises et plus spécifiquement en région Rhône-Alpes ». La Team Rhône-Alpes est consciente que la stratégie urbaine développée est le principal élément différenciant vis-à-vis des équipes concurrentes.

La première épreuve intervient trois jours après le début de la compétition, il s'agit de l'architecture. Elle récompense le vainqueur de 120 points. La Team Rhône-Alpes, historiquement portée par l'ENSAG et rejointe pour cette édition 2012 par l'ENSAL, est l'équipe qui possède le plus gros contingent d'architectes dans ses rangs (25 étudiants). La troisième place obtenue à cette épreuve en 2010 a marqué douloureusement les esprits des étudiants et enseignants présents à l'époque. Autant de raisons qui rendent essentielle l'obtention d'un très bon résultat. Et il fut plus que positif puisque l'équipe remporte le premier prix dans une joie non dissimulée. L'architecte américaine Susana Torre, présidente du jury salue « *un projet ambitieux et complexe* ». Ce résultat offre à l'équipe la première place au classement général, place qu'elle ne devrait finalement plus quitter. Cette récompense confirme que la position forte prise par l'équipe est lisible et cohérente, elle apporte une crédibilité à sa vision de la ville de demain. Cette journée est faste puisqu'elle voit également la Team Rhône-Alpes remporter le prix (hors compétition) du logement le plus accessible pour les personnes à mobilité réduite.

Les lendemains festifs sont souvent compliqués et ce fut le cas : jeudi 20 septembre, l'équipe doit se satisfaire d'une honorable cinquième place dans l'épreuve d'ingénierie et de construction. La relative déception est atténuée par le faible écart qui nous sépare du vainqueur de l'épreuve, en effet nous ne rendons que neufs points aux allemands qui gagnent avec le projet Ecolar. Le jury appréciera dans le projet Canopea® « *la belle intégration de la toiture photovoltaïque jouant avec la lumière du soleil* » ou encore les solutions implémentées pour récupérer la chaleur des eaux grises, et ce à toutes les échelles.

La dernière épreuve de cette première semaine concerne la communication. L'équipe nourrit de sérieux espoirs de podium. La Team Rhône-Alpes s'est attelée pendant toute l'aventure à occuper un maximum de secteurs allant d'internet à la presse écrite, les radios ou les médias télévisés. L'idée était de rendre le projet Canopea® visible mais surtout de sensibiliser un large public aux enjeux du développement durable. Plusieurs outils ont été mis en place en fonction des cibles visées. Ainsi un jeu de société Canopea®, s'adressant à un jeune public a été imaginé avec la société *éco6thèmes*. Une application de réalité augmentée pour smartphones et tablettes a été développée en partenariat avec la société *Paztec* afin de permettre à tout un chacun de visiter de manière virtuelle les nanotours. Un site internet a été créé donnant la possibilité de suivre l'actualité du projet Canopea® et de son équipe, les réseaux sociaux ont été investis, plusieurs événements au cours de la compétition ont associé les élèves des collèges français de Madrid. La liste est encore longue et l'équipe sera récompensée de son investissement en terminant seconde, talonnant de très près les vainqueurs de cette épreuve.

Ces bons résultats cumulés permettent à la Team Rhône-Alpes d'être en tête avec 30 points d'avance au soir de la première semaine de compétition.

En seconde semaine, les équipes concurrentes s'emploient à diminuer l'écart qui les sépare de la position de la Team Rhône-Alpes. Deux épreuves rapprochent les Italiens et les Andalous de la première place. Il s'agit de l'efficacité énergétique et de la soutenabilité, épreuves dans lesquelles Canopea® se place en cinquième position tout en obtenant deux mentions spéciales.



185

186

187

185 - Les membres du jury Architecture : Susana Torre, Mario Cucinella et José María Lapuerta Montoya, proclament les résultats. L'attente est interminable.
186 - Le jury remet le 1er prix d'Architecture au projet Canopea®.
187 - La Team Rhône-Alpes pose devant Canopea® avec son trophée du 1er prix du jury Architecture.

1er prix en Architecture

Le monitoring

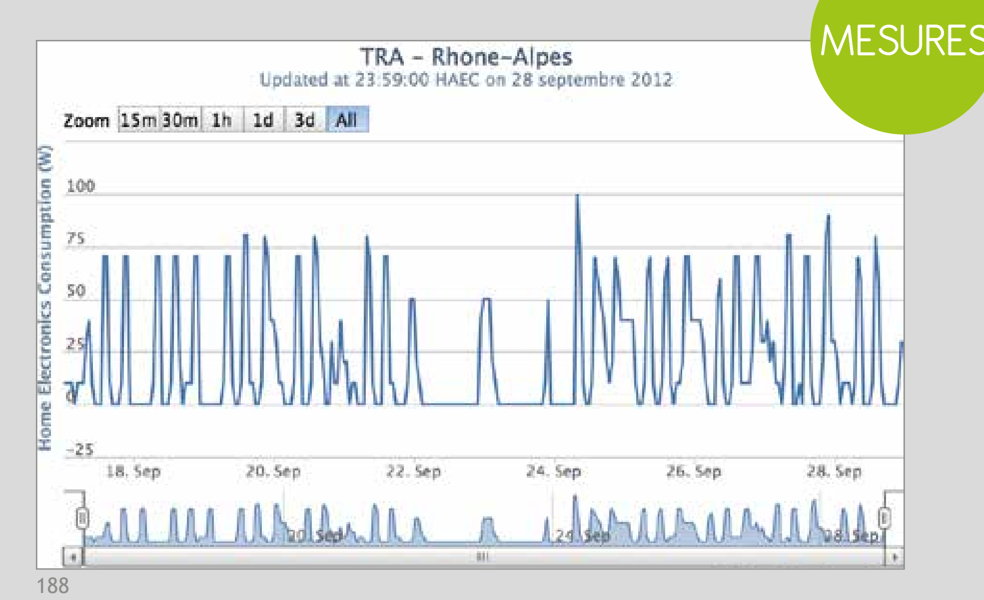
Comme expliqué (*cf* p.16), trois épreuves sont évaluées en fonction des performances de la maison.

La première, « conditions de confort » évalue le taux de CO2 dans l'air, l'hygrométrie, la température ou encore l'affaiblissement acoustique.

D'autre part, certaines tâches sont à accomplir de manière journalière telles que des puisages d'eau chaude, porter à ébullition un litre d'eau, faire fonctionner le four, etc. Ces tâches sont regroupées dans l'épreuve « fonctionnement de la maison ». Un événement tout particulier ponctue par deux fois le déroulement de cette épreuve. Chaque équipe se doit d'inviter ses voisins à partager un repas, ainsi deux hôtes accueillent six décathlètes concurrents pour une soirée d'échanges et de partages sur le thème de la découverte gastronomique. Non sans rappeler une émission fort connue, les hôtes du soir évaluent la qualité de la réception en termes d'ambiance et de qualité gustative. Afin de faire honneur comme il se doit à la réputation de la gastronomie française, la Team Rhône-Alpes a intégré en son sein deux étudiants de l'Institut Paul Bocuse. Ce partenariat a été développé autant pour la capacité des étudiants à sublimer les plats traditionnels de notre région, que pour l'intérêt des recherches développées par l'institut sur une cuisine novatrice s'appuyant sur son héritage mais respectueuse de l'environnement.

Enfin un dernier critère « balance électrique » évalue l'autosuffisance énergétique, fournie par la technologie solaire active ainsi que l'intensité de l'utilisation d'électricité dans le logement. La corrélation entre la production et la consommation est aussi évaluée, le fait de consommer pendant les plages temporaires de production est valorisé.

MESURES



188



189

DINNER PARTY

188 - Courbe relevée par l'organisation montrant la consommation des équipements électroménagers.
189 - Les étudiants de la Team Rhône-Alpes accueillent les étudiants des équipes voisines lors de l'épreuve du repas.



190

191

VISITES DU PUBLIC

192

190, 191, 192 - Cette exposition est ouverte à un public qui répond présent à chaque édition. C'est l'occasion pour les étudiants qui sont tenus d'organiser des visites guidées dans plusieurs langues, de se confronter à des questions pleines de bon sens, en rapport avec la vie quotidienne des visiteurs.

Pédagogiquement la démarche est très intéressante et l'on peut estimer à près de 8.000 le nombre de personnes ayant eu l'occasion de visiter le prototype Canopea®.

Le dernier jour de compétition

Vendredi 29 septembre marque la fin de la compétition. En ce jour si particulier les résultats de quatre des dix critères évalués sont dévoilés. La tension est palpable depuis quelques jours et les pronostics vont bon train. L'avance confortable acquise au cours de la première semaine s'est amoindrie à la faveur des victoires andalouses des cinq derniers jours, la Team Rhône-Alpes se rend donc à la cérémonie de clôture avec huit points d'avance sur le projet Patio 2.12. Tout laisse à penser que le critère « innovation » sera déterminant : L'équipe qui remporte cette épreuve se verra très probablement proclamée vainqueur.

La soirée commence par des récompenses hors compétition dont le vote du public et le vote internet. Ces deux récompenses tombent inévitablement dans l'escarcelle de deux équipes espagnoles. La Team Rhône-Alpes a ensuite le bonheur de grimper sur le podium à deux reprises pour aller chercher le prix du fonctionnement de la maison et celui des conditions de confort. Le critère « balance énergétique » est quant à lui décerné au projet Patio 2.12. Comme les projections pouvaient le laisser penser, c'est l'innovation qui fera la différence.

Troisième... Med In Italy ! Second... Patio 2.12 ! À cet instant il ne reste que deux concurrents sérieux pour remporter le prix de l'innovation : les allemands avec le projet Ecolar et la Team Rhône-Alpes...
« *Le premier prix revient à la maison... Canopea® ! Nos amis les Français ! Félicitations !* ».
L'euphorie envahit toute l'équipe, étudiants, enseignants, partenaires se lèvent d'un seul homme, tout le monde a conscience qu'excepté un extraordinaire retournement de situation, la Team Rhône-Alpes vient de remporter le *Solar Decathlon Europe* ! L'instant est exceptionnel pour les décathlètes de cette formation, le travail, la rigueur et l'organisation de l'équipe ont conduit au résultat tant espéré.
Quelques minutes plus tard le verdict est confirmé, le projet Canopea® remporte la compétition, il sera resté dix jours en tête sur douze possibles. C'est une preuve de l'homogénéité de la proposition et son intérêt dans la totalité des critères évalués.

Le projet Canopea® a bousculé les attentes de la compétition *Solar Decathlon*, en effet c'est la première fois qu'une proposition intègre de manière aussi forte la question de la ville, du vivre ensemble et de la mutualisation à toutes les échelles. Cette particularité est notamment soulignée par l'ensemble du jury évaluant la soutenabilité de Canopea® : « *Considéré comme un tout, le jury a décidé que le projet méritait une mention spéciale car il est perçu comme un excellent exemple montrant la voie pour les prochaines éditions Solar Decathlon et la façon dont les villes et la densité vont jouer un rôle croissant dans la compétition.* »

30ème JOUR
RÉSULTATS FINAUX



L'équipe en liesse au moment de monter sur le podium pour récuperer son prix de vainqueur du *Solar Decathlon Europe* 2012.

193

SOLAR DECATHLO EUROPE 2012
CANOPEA®
LES RÉSULTATS

Rang	Pays	Equipe	Projet	Points
1	**France**	**Rhône-Alpes**	**Canopea®**	**908.72**
2	Espagne	Andalucia Team	Patio 2.12	897.39
3	Italie	Med In Italy	Med In Italy	863.49
4	Allemagne	Ecolar	Ecolar	835.00
5	Allemagne	RWTH Aachen University	Counter Entropy House	819.31
6	Hongrie	Odooproject	Odoo	766.98
7	Espagne	CEU Team Valencia	SML System	765.98
8	Espagne	(e)co Team	(e)co	731.57
9	Roumanie	PRISPA	PRISPA	719.16
10	Danemark	Team DTU	FOLD	715.59
11	Chine	Tongi Team	Para Ecohouse	686.88
12	Espagne	EHU Team	Ekihouse	684.20
13	France	Aquitaine Bordeaux Campus	Sumbiosi	674.80
14	Brésil	Team Brasil	Eko House	670.99
15	Japon	Chiba University	The Omotenashi House	641.91
16	Portugal	Cen+Nem	Cem' casas em movimento	538.29
17	France	Astonyshine	Astonyshine	414.71
18	Espagne	Universidad de Zaragoza	Casa Pi Unizar	360.92

▲ Classement général de la compétition. L'équipe Rhône-Alpes, une des trois équipes représentant la France, termine en tête en dépassant la barre symbolique des 900 points. Elle devance l'équipe espagnole Andalucia Team et l'équipe Italienne Med In Italy.



▼ Résultats de la Team Rhône-Alpes par épreuves.

Epreuves	Rang	Scores
Architecture	1	120.00/120
Ingénierie et Construction	5	71.00/80
Efficacité énergétique	5	87.00/100
Balance électrique	6	87.11/120
Conditions de confort	1	114.86/120
Fonctionnement de la maison	1	116.85/120
Communication & sensibilisation sociale	2	77.30/80
Industrialisation et Viabilité de Marché	2	72.90/80
Innovation	1	75.00/80
Soutenabilié	5	86.70/100
Total	1	908.72/1000

En plus de l'obtention des premiers prix en « architecture », en « innovation », en « fonctionnement de la maison », en « conditions de confort », des seconds prix en « communication & sensibilisation sociale », en « industrialisation & étude de marché », la Team Rhône-Alpes récolte deux mentions spéciales en « soutenabilité » et « efficacité énergétique » ainsi que trois premiers prix hors compétition : prix du « logement social », prix « accessibilité PMR » et prix « logement en climat froid et continental ».



194





SOLAR DECATHLON EUROPE 2012
CANOPEA®
RETOUR SCIENTIFIQUE

Il faut bien comprendre que cette compétition a des règles, qu'elle est évaluée sur 1.000 points, et que c'est celui qui a le plus de points la remporte à la fin… Nous avions décidé de mettre toutes les chances de réussite de notre côté, nous avons donc produit un prototype calibré pour gagner la compétition !
Nous avons dû respecter certaines règles, même si nous aurions pu en contester certaines fois le bienfondé. À titre d'exemple, une température de consigne annuelle de 23 à 25°C peut paraître pour nous Européens excessivement stricte et non adaptatif. Toutefois, ces conditions extrêmes ont poussé les concepteurs hors de leurs tranchées habituelles, permettant de découvrir de nouvelles réponses à de nouveaux enjeux.
Le prototype résulte donc d'un processus de conception complexe mêlant rigueur, création et où l'innovation prend une place majeure.
Le comportement du prototype à Madrid a été observé à la loupe, dans le cadre de la compétition, mais également pour en tester les multiples développements techniques ou architecturaux réalisés dans le cadre du projet.

D'une manière générale nous avons notamment pu relever les points suivants :
- un comportement passif exceptionnel, avec une stratégie payante d'enveloppes climatiques successives, d'inertie interne par les enduits de terre et d'inertie externe par le déphaseur. Les températures relevées pendant le « *Passive Contest* », (épreuve consistant à « débrancher les maisons » pour un fonctionnement passif total), sont restées incroyablement stables entre 23 et 25°C quand les températures extérieures variaient entre 15 et 30°C…
- une complexité d'installation cohérente avec les enjeux du concours mais difficilement soutenable dans un contexte réel d'un point de vue économique, technique ou de la maintenance,
- une symbiose technique et architecturale enviée au niveau de l'espace commun de la canopée, avec une grande richesse de l'espace en termes d'usages qui était également techniquement très abouti car confortable et fondamental pour la production d'énergie,
- une fragilité de l'installation inévitable, car support de pédagogie mais également d'innovation où la robustesse des prototypes mis en œuvre doit encore progresser,
- un comportement conforme à nos prévisions, où l'expérimentation s'est révélée proche des prévisions malgré les difficultés rencontrées à simuler les différentes innovations,
- un manque de standardisation de la technique pour faciliter leur intégration architecturale, de la taille des panneaux solaires qui conditionnent la charpente aux interfaces interactives de gestion du confort qui communiquent toutes dans des langages différents !

En conclusion, la victoire lors de l'épreuve 2012 du *Solar Decathlon* démontre que le comportement de Canopea® a été très satisfaisant. Cette première étape franchie nous amène vers la deuxième, non moins ambitieuse, qui consiste à adapter le projet au marché très contraint de l'immobilier, avec des spécificités contextuelles, un coût adapté et une conformité réglementaire qui ne pousse pas à l'innovation.

Température à l'intérieur du bâtiment pendant le « *Passive Contest* ».



SOLAR DECATHLON
ARMADILLO BOX® ET CANOPEA®
RETOUR D'EXPÉRIENCE DES ENSEIGNANTS ET DES ÉTUDIANTS

La compétition *Solar Decathlon* a fourni l'occasion aux étudiants d'organiser la fabrication de prototypes. Ils ont dû se répartir les tâches, prendre des responsabilités, dialoguer avec des partenaires extrêmement variés. Progressivement, ils ont développé leur aptitude à communiquer de façon claire leur projet, à expliquer, formuler leurs demandes, négocier. Ils en sont ressortis avec de réelles compétences testées sur le « terrain », ce qui a également contribué à renforcer fortement leur confiance en eux.
Des étudiants et enseignants ayant participé à une des éditions du *Solar Decathlon* témoignent de cette expérience et de ces différentes facettes.

Les apports de la pluridisciplinarité et de l'expérimentation dès la phase de conception

« *L'expérimentation permet d'apporter un aspect concret à ce que nous dessinons, la transition entre le dessin et la réalité n'étant pas aussi simple qu'on le pense, c'est dans ce sens qu'il y a un véritable intérêt à aller réaliser, tester ce que l'on a conçu. Le manque de connaissances techniques et pratiques des architectes est un fait, favoriser la recherche et le développement au travers d'expériences concrètes tout au long du cursus et surtout de façon pluridisciplinaire en travaillant conjointement avec d'autres acteurs de la discipline permettrait d'enrichir les connaissances de chacun et de professionnaliser la formation d'architecte.* » Cédric Gaillard, étudiant de Master en 2010.

« *Pendant cette année, nous avons travaillé conjointement avec des étudiants ingénieurs, des professionnels thermiciens, acousticiens, paysagistes, des entreprises… toujours de façon pluridisciplinaire. La recherche et développement, réalisée sur ce projet, a été l'opportunité de pouvoir travailler avec d'autres corps de métiers, d'échanger et de diversifier les approches sur un projet commun. Épaulés par ces différents professionnels nous avons régulièrement fait, dès la phase de conception, des journées d'expérimentations aux GAIA ou dans les ateliers de l'école d'architecture, afin de valider ou d'infirmer certaines solutions techniques déterminantes pour la suite du projet. Ces allers retours entre conception et construction, entre théorie et pratique, se sont vite révélés indispensables.* » ajoute Cédric.

La recherche de partenariat : intégrer le dialogue avec l'industrie

L'étape de la fabrication du prototype a, notamment, été précédée par une recherche de partenaires.
« *L'équipe de projet a mené un travail précis de définition des détails de la maison et de l'ensemble des matériaux afin de cibler et démarcher les entreprises et les fournisseurs nécessaires. Cette étape primordiale a alors clairement mis en évidence l'importance d'une base de connaissance et de références fournies. Dans cette recherche de partenaires, nous avons largement bénéficié de l'aide de l'INES et notamment de l'appui de Pascal Gantet, qui à lui seul a su trouver et créer plus de la moitié des partenariats du projet. Cette rencontre avec les entreprises et les fournisseurs a alors permis de répondre aux dernières questions restées floues en apportant des solutions techniques précises et mieux adaptées, permettant ainsi de dessiner les derniers plans d'exécution et une partie des plans de fabrication.* » Guillaume Pradelle, Student Team Leader du projet Armadillo Box® en 2010. Assistant du studio de projet Canopea® en 2012.

Les vertus de la confrontation directe avec les professionnels

La participation au *Solar Decathlon* a offert une opportunité très rare de collaborer directement avec des bureaux d'études, des entreprises et des professionnels du bâtiment. Ceux-ci les ont épaulés avec efficacité et générosité. Ces relations ont fortement responsabilisé les étudiants. Cette collaboration directe a joué un rôle moteur dans l'intégration de connaissances pratiques et a accéléré le processus d'acquisition d'une plus grande autonomie.
« *Nous avons fonctionné à la manière d'une agence d'architecture, en côtoyant des BET et ingénieurs, en nous penchant sur des problématiques constructives, architecturales et économiques. Chaque membre de l'équipe avait un rôle, une pièce du projet entre ses mains qu'il fallait mener à bien. Les délais de rendus, le volume de travail, nous ont forcés très vite à nous organiser pour fonctionner de manière autonome, chacun prenant ses propres responsabilités et initiatives, en accord avec la logique du projet. Il n'y a pas eu d'intermédiaires entre les différents partenaires, entreprises et BET, il ne s'agissait donc pas d'agir en étudiants mais véritablement en architectes.* » Cédric Gaillard

L’apport des bureaux d’études

En se rapprochant des bureaux d’études spécialisés dans différents domaines, les étudiants, ont non seulement appris beaucoup, mais ont surtout pris concrètement conscience de l’importance des études techniques dans l’aboutissement du projet architectural.
« Les réunions de travail avec les BET nous ont donné l’occasion de côtoyer des acteurs du bâtiment, qui, par leurs domaines de compétences complémentaires, nous ont montré qu’il était primordial de les intégrer au projet dès la phase conception pour une meilleure cohésion globale du projet. La manière dont nous avons travaillé avec les BET nous a fait prendre conscience du travail et de la relation entre les architectes et les bureaux d’études. Cette relation ne peut être profitable et fertile que si les deux parties entendent et comprennent l’objectif commun qui les lie : le projet. » Maxime Bonnevie, étudiant de Master en 2010 - Project Manager de Canopea® en 2012.

« Ce travail fut enrichissant tant dans l’apport en connaissances provenant des ingénieurs que la confrontation de nos différents points de vue dans le but d’arriver à un optimum du projet. Au départ, nous avions véritablement du mal à entrevoir les possibilités, les techniques et les matériaux existants qui auraient pu répondre à nos problèmes. Or très vite dans les réunions, les ingénieurs nous ont proposé une foule de possibilités facilitant le montage, réduisant les coûts, simplifiant les chemins de câbles, ou améliorant les performances. Cette force de proposition est un véritable atout dans la mise au point d’un projet. Elle permet bien souvent de concrétiser des intentions encore abstraites et d’affiner le dessin. Nous avons également pris conscience de la dimension des choses. En effet, le diamètre d’une évacuation sanitaire, la taille d’un tableau électrique, les dimensions des gaines… ce sont toutes les choses que nous ne dessinons pas et qui peuvent avoir une incidence prépondérante sur les dimensions d’un projet. » Maxime Bonnevie

L’apport des entreprises

« Les entreprises : j’ignore encore si nous avons été particulièrement gâtés mais les entreprises et les professionnels du bâtiment ayant participés ont tous été extrêmement enthousiastes et moteurs dans le développement du projet, aussi bien en étude pour la mise au point des détails, que sur le chantier en qualité d’exécution. Aucun rapport de force ne s’est engagé avec eux, les dialogues allaient toujours dans le sens d’une recherche de solutions dans l’intérêt du projet. Le travail avec les bureaux d’études est fondamental pour le choix et le dimensionnement des systèmes à un niveau théorique, mais dès lors qu’il nous faut finaliser des choix ou mettre au point les détails en les associant à des choix de matériaux et de fournisseurs précis, un dialogue avec les entreprises ayant le savoir-faire pratique permet de garantir une réalisation en accord avec les intentions initiales. » Guillaume Pradelle.

Des étudiants en architecture sont allés, en 2010 et en 2012, travailler un mois au sein du bureau d’étude des établissements Constructions Métalliques Bouchet, entreprise de charpente métallique implantée à Pringy en Haute-Savoie, pour dessiner tous les composants acier des deux prototypes sur le logiciel adapté à la production CNC qui a suivi en atelier. L’un d’entre eux fait part de ce qu’il a retiré de cette expérience :
« Le travail d’architecte auprès des gens de cette entreprise m’a convaincu de l’intérêt d’une grande collaboration et communication entre les concepteurs et les entreprises de fabrication. Le bénéfice pour le projet et les intervenants y est extrêmement grand car chacun, par sa vision et son expérience spécifique, apporte de nouvelles solutions dans la cohérence du projet. » Samuel Nemoz, étudiant de Master 2010.

L’apport des formations techniques, compagnons du tour de France en 2010, IUT Génie électrique en 2012.

L’intervention des compagnons a permis de résoudre quelques blocages, comme l’explique Guillaume Pradelle. *« En 2010, nous avons noué des liens avec les Compagnons du Tour du France. Lors d’un premier rendez-vous avec François Rozay, charpentier et formateur, nous lui avons tout d’abord exposé l’ensemble des contraintes auxquelles devait répondre le projet, puis les différentes solutions que nous envisagions sur la structure bois. Pour la première fois depuis longtemps, nous avons alors été surpris de la rapidité avec laquelle un partenaire intégrait les données spécifiques du projet et sa capacité à nous apporter une réponse pragmatique précise et très directe sur ce qu’il était possible de faire ou non. Avec son aide, nous avons donc modifié le système constructif de l’enveloppe thermique. C’est également grâce à son aide*

que nous avons élaboré les premiers plans de fabrication ayant servi à lancer le chantier aux Grands Ateliers de l'Isle d'Abeau. Des Compagnons du Tour de France sont venus nous former sur les techniques de découpe et de montage, et nous fournissaient ponctuellement une aide directe sur le chantier. »

Les limites de l'exercice et les enseignements de l'opération

La participation au *Solar Decathlon* a créé une émulation, dynamisant les étudiants qui se sont totalement impliqués dans leur travail, y consacrant même des temps de vacances et de nombreux week-end. « *Pour les étudiants, ce n'est pas facile, ça demande un énorme investissement.* » Patrice Doat, Professeur ENSAG.

Cela exige aussi de la part de l'équipe enseignante un temps de préparation et d'accompagnement considérable, dépassant de loin celui d'un enseignement « classique ». Mais tous les membres de l'équipe pédagogique reconnaissent que c'est passionnant. Élargir les capacités des étudiants, mieux les « armer » pour faciliter leur insertion professionnelle et répondre au défi posé par le développement durable vaut bien qu'on y accorde un surcroît d'énergie.
La conviction partagée en 2010 fut, cependant, que pour poursuivre il était primordial que les efforts consentis, en particulier, durant la deuxième année de participation au *Solar Decathlon* soient moindres, que l'équipe soit renforcée et que les soutiens financiers soient plus rapidement et plus facilement trouvés. L'expérience 2010 fut en effet menée à la force du poignés et relève d'une réelle performance qui ne pouvait ni être répété, ni ne devrait devenir la norme. Thomas Jusselme exprime bien les risques liés au renouvellement d'une telle aventure dans des conditions limites : « *Cette participation est extrêmement consommatrice en temps et en énergie, cela se fait forcément au détriment d'autres activités, et elle demande un engagement étudiants/professeurs si fort qu'il peut emmener l'équipe à la rupture physique ou psychologique* ». Il ajoutait fin 2010 : « *En l'état, le projet Solar Decathlon est à mon sens trop volumineux pour l'équipe en place. Ce tour de force ne pourra se pérenniser dans le temps si des fonctions supports (logistique, financement, méthodologie…) ne sont pas créées.* »

Ces enseignements ont été mis à profit au moment de constituer l'équipe pour concourir au *Solar Decathlon 2012*.
Sans nier les difficultés et l'investissement hors normes que sous-entend une participation au *Solar Decathlon*, Nicolas Dubus, architecte, responsable du studio de projet ENSAG, comme la plupart des enseignants, met en avant la notion d'engagement que ce type d'expérience apporte au processus pédagogique : « *En ne considérant que le côté positif des choses, c'est une expérience que je serais prêt à renouveler. L'apport est suffisamment positif, pour s'investir à nouveau. Toutes les exigences qui vont avec ce projet, par l'opération en elle-même, se situent à un niveau bien plus important, bien plus haut que ce qu'on demande habituellement. Avec ce type d'opération, il y a du risque et de l'action, ça pousse plus loin l'engagement qu'un enseignement classique. La relation des étudiants au projet est différente, ils se motivent plus. Ça apporte les conditions qui permettent aux étudiants d'aller plus loin, à nous de les accompagner et d'être vigilants. C'est à toute l'équipe d'être vigilante. Les étudiants sont capables de s'investir énormément, d'avoir de l'autonomie, mais ils restent en position de fragilité, ils sont en construction personnelle. Il faut être attentif à ne pas les laisser prendre la tasse, c'est de notre responsabilité.* »

TEAM RHÔNE-ALPES CANOPEA® VALORISATION

Suite à la compétition, le prototype Canopea® a été remonté sur le site de Schneider Electric, situé sur la Presqu'île grenobloise, lieu de référence pour l'étude du projet urbain présenté à Madrid.

Ce prototype a été exposé pendant deux mois sur ce site, avant d'être à nouveau déplacé pour servir de pavillon témoin toujours dans le quartier de la Presqu'île, mais cette fois-ci au bénéfice de la SEM Innovia, société d'aménagement de Grenoble. Le prototype a été inauguré au mois de juillet 2013, en présence de la Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Geneviève Fioraso, du préfet de l'Isère Richard Samuel, du maire de Grenoble Michel Destot et de la présidente de la SEM Innovia Christine Crifo.

Le prototype est exposé au 60 avenue Félix Esclangon à Grenoble, en face de Minatec.

Il est actuellement ouvert au public trois jours par semaine et fait l'objet de présentations, réunions, visites...

Dans le même temps, la remise en service du prototype est assurée par des étudiants stagiaires de l'IUT GEII de l'université Joseph Fourier de Grenoble, dans l'objectif de pouvoir exploiter scientifiquement les données collectées.

Le prototype Canopea® exposé sur la Presqu'île de Grenoble.



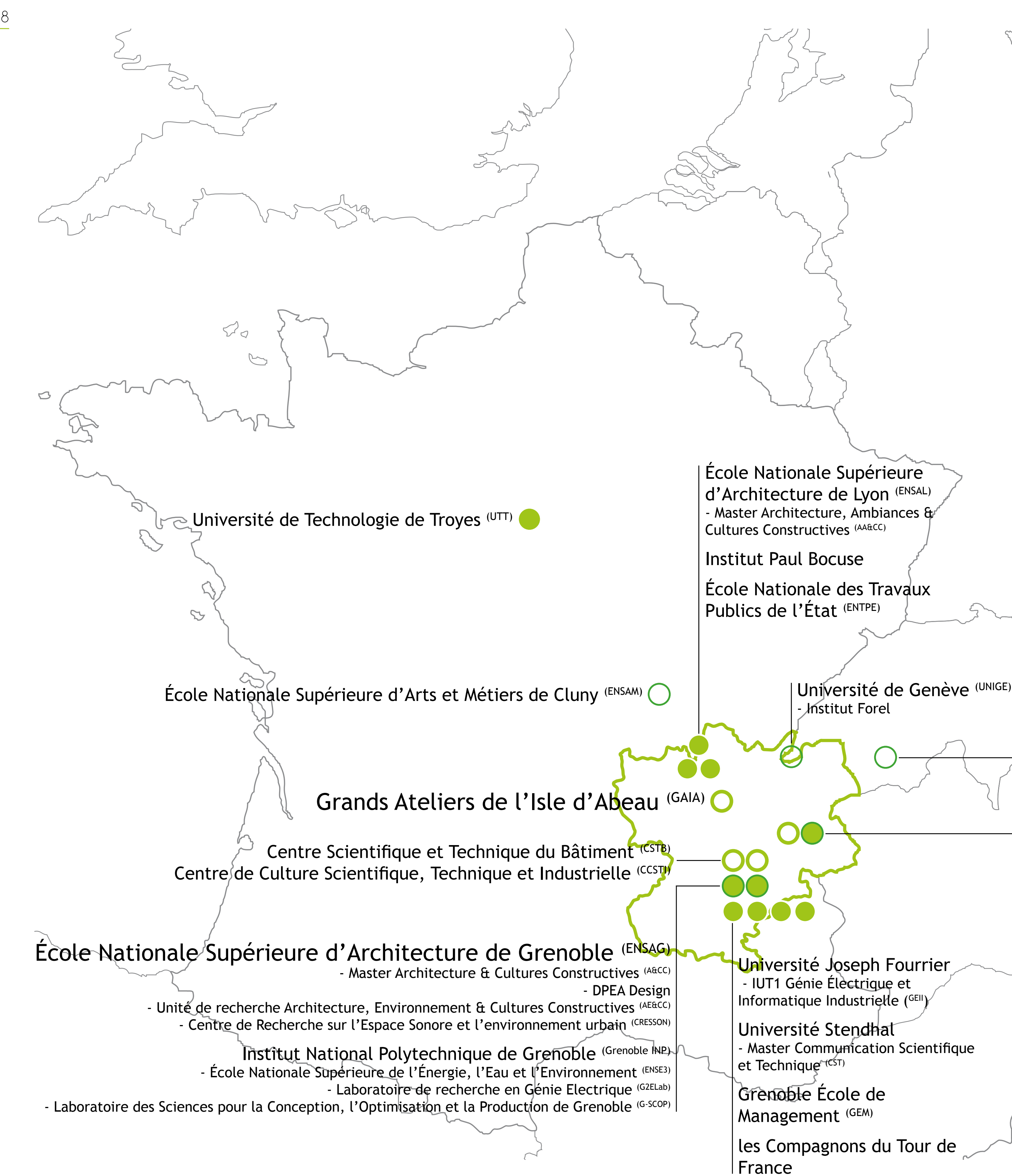
TEAM RHÔNE-ALPES
CANOPEA®
APPLICATIONS RÉELLES

Le concept de nanotour rencontre un vif succès auprès des partenaires privés et publics. Durant l'expérience *Solar Decathlon*, ils furent plus de 70 à soutenir la candidature de la Team Rhône-Alpes. Cet engouement s'explique en partie du fait de l'ambition affichée : gagner la compétition mais surtout transposer les concepts développés au sein de l'université jusque dans la vie réelle. Ainsi plusieurs d'entre eux, notamment la ville de Grenoble, la Ville de Lyon, l'OPAC du Rhône, la SEM Innovia ou encore Vinci Construction et Bouygues immobilier, soutiennent les études post-compétition pour voir un jour des applications réelles du projet Canopea®.

Le concept Canopea® décliné en relation avec de l'habitat conventionnel.



TROIS PORTEURS
LA TEAM RHÔNE-ALPES : UNE ÉQUIPE PLURIDISCIPLINAIRE SOUTENUE PAR DES LABORATOIRES DE RECHERCHE



▼ Carte géographique situant les institutions membres de l'équipe universitaire pluridisciplinaire : Team Rhône-Alpes.

institut, centre, plateforme...
formation et recherche
laboratoire de recherche
formation



Haute École d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud (HEIG-VD)
- Laboratoire d'Energétique Solaire et de Physique du Bâtiment (LESBAT)

Institut National de l'Énergie Solaire (INES)

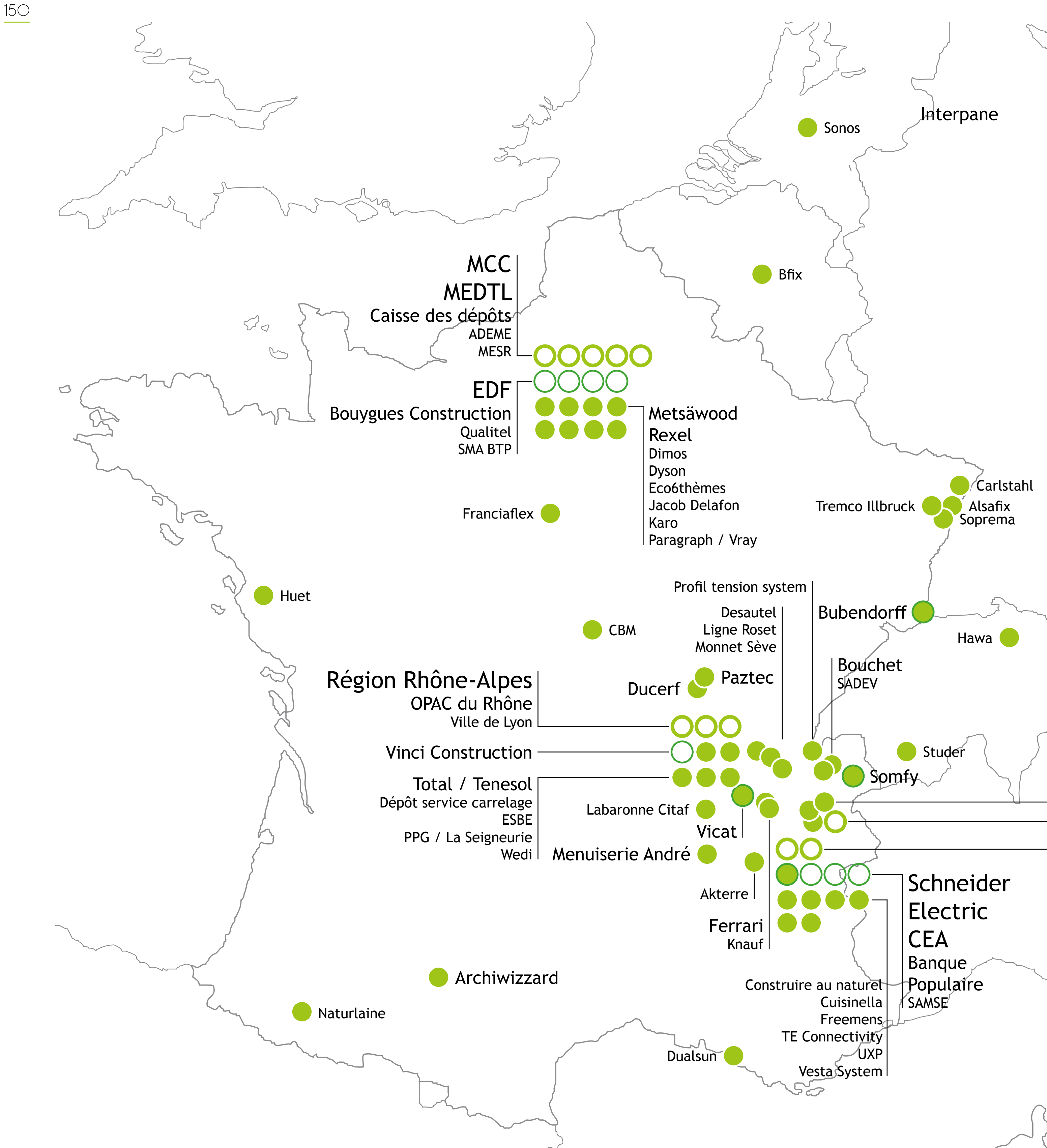
Université de Savoie
- Polytech' Annecy-Chambéry
- Laboratoire Optimisation de la Conception et Ingénierie de l'Environnement (LOCIE)

L'équipe universitaire pluridisciplinaire créée en 2008 pour participer aux compétitions *Solar Decathlon Europe* s'est élargie pour devenir la Team Rhône-Alpes en 2010. Cette équipe est née du partenariat entre l'ENSAG (École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble), l'INES (Institut National de l'Énergie Solaire) et les GAIA (Grands Ateliers de l'Isle d'Abeau). D'autres institutions rhônalpines d'excellence dans leur domaine d'activité complètent cette équipe : Polytech'Savoie, GEM, ENSE3, master CST de l'Université Joseph Fourier, UT1 GEII de l'université Joseph Fourrier, ENSAL, Heig-vd, CSTB, institut Bocuse, des laboratoires de recherche...

Cette équipe regroupe près de 100 étudiants, enseignants et chercheurs. En tant que futurs professionnels, les membres de l'équipe sont familiarisés au processus délicat du partage des savoir-faire, une des bases de l'innovation. Au-delà du *Solar Decathlon*, ils sont à même de porter une vision nouvelle d'un habitat innovant et durable.

« Grâce à cette expérience in vivo, la Team Rhône-Alpes perçoit à la fois les richesses et les enjeux de fonctionnement de la pluridisciplinarité. En effet, cultures professionnelles, sensibilités, rythmes et outils de travail sont parfois radicalement différents. Des ajustements permanents entre les parties prenantes sont nécessaires afin de créer une vision, une culture commune qui transcendent ces différences et permettent à chacun d'apporter le meilleur au projet. » explique Pascal Rollet, Faculty advisor du projet.

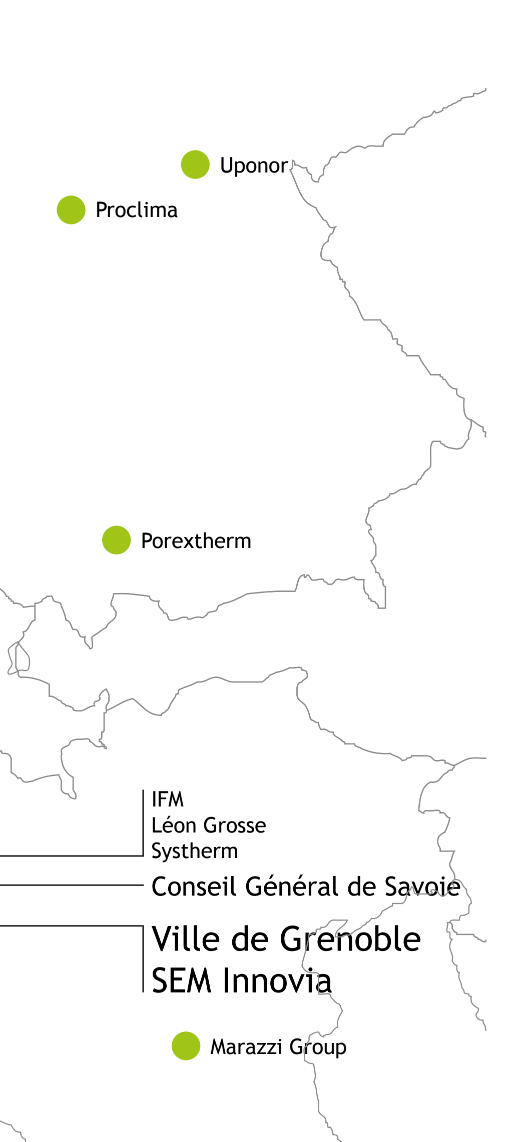
78 MÉCÈNES PUBLICS ET PRIVÉS
CANOPEA® UN ÉCOSYSTÈME URBAIN
UN SOUTIEN SANS FAILLE



Nilan

Carte géographique situant les partenaires et mécènes de la Team Rhône-Alpes.

mécènes institutionnels
mécènes financiers et marériels
mécènes financiers
mécènes matériels



Une opération universitaire de cette ampleur ne peut se faire sans financements extérieurs permettant entre autre de construire le projet, l'emmener à Madrid pour la compétition, le valoriser, faire vivre une équipe pluridisciplinaire de plus de 100 personnes durant les deux ans…

Un réel enjeu réside donc dans la capacité à établir les contacts avec des mécènes industriels en phase avec le projet. Le secrétariat général de l'INES et les membres de l'équipe enseignante de l'ENSAG responsable du projet se sont chargés de cette tâche. Il s'agissait non seulement de réunir les fonds nécessaires pour notre participation à la compétition mais aussi, et surtout, d'identifier et d'associer les entreprises, petites ou grandes, susceptibles de fournir les composants – matériaux, technologies, savoir-faire...

Dans cette démarche, nous avons privilégié les industriels géographiquement proches pour deux raisons : l'impact carbone est ainsi limité et ce faisant nous constituons localement un réseau d'excellence autour de l'habitat durable. Mais nous avons aussi veillé à sélectionner la meilleure technologie disponible, ce qui explique que, dans certains cas, nous ayons eu recours à des entreprises d'Alsace, du Danemark, de la Suisse... Enfin, des collectivités territoriales, des ministères publics et des institutions financières particulièrement engagés dans des politiques de développement durable, apportent un soutien financier important à l'opération.

Plus de 40 entreprises, industriels, PME, fabricants et institutions ont accepté d'apporter leur concours, direct ou indirect, au projet « *Canopea®, nanotowers in the city* » et au prototype Canopea®, conçu puis construit pour la compétition à Madrid. Ce sont d'une part des partenaires de l'Armadillo Box® qui ont renouvelé leur engagement auprès de la Team Rhône-Alpes pour la deuxième édition du *Solar Decathlon Europe*, et d'autre part de nouvelles structures souhaitant intégrer le réseau d'excellence autour de l'habitat durable en cours de constitution.

Il existe trois types de mécènes :

- Les mécènes financiers qui apportent leur support de manière globale au projet. En fonction de leurs compétences, ils aident à diffuser les valeurs et la communication du projet.

- Les mécènes matériels apportent les matériaux nécessaires et parfois une mise au point spécifique avec leurs bureaux d'études, pour construire le prototype Canopea®. Ces mécènats sont issus de discussions mutuelles autour des produits fournis.

- Les autres mécènes nous apportent leur expertise scientifique.

Premier pôle français d'enseignement, de recherche et d'expérimentation de la construction, les Grands Ateliers ont été fondés en avril 1995 par 11 établissements d'enseignement supérieur (6 écoles d'architecture, 2 écoles d'ingénieurs, 3 écoles d'art) et un centre de recherche pour s'implanter dans la ville nouvelle de l'Isle d'Abeau.

Les Grands Ateliers ne sont pas une nouvelle école, mais une structure originale commune à ces établissements fondateurs, constituant au départ une masse critique de plus de 5.000 étudiants et chercheurs.

Ils ont pour vocation de contribuer à une meilleure formation de tous les acteurs qui, du matériau à l'objet fini, interfèrent dans l'acte de construire notre environnement (architectes, artistes, designers, ingénieurs) :
- en créant un lieu de rencontre des métiers et de brassage des cultures (très séparés en France par traditions et par leurs institutions), qui favorise la connaissance réciproque et additionne les compétences,
- en rapprochant enseignement, recherche et industrie (les représentants des grands secteurs des industries de matériaux sont aujourd'hui associés au projet et participent activement à ses activités),
- en permettant de confronter la pensée constructive et la matière, par la mise à disposition d'un bâtiment et des moyens techniques nécessaires à la réalisation et l'expérimentation de maquettes ou de prototypes à grande échelle (souvent inexistants dans les écoles d'architecture, ou trop spécialisés sur la recherche).

Ils se fixent trois missions :
- proposer des enseignements originaux basés sur une pédagogie vivante qui vient compléter les formations respectives des établissements,
- rassembler chercheurs et industriels autour de thèmes de recherche originaux,
- constituer un foyer de rencontres, d'échanges, et de diffusion des cultures constructives par la formation des maîtres, la valorisation et l'édition des enseignements et des recherches.

Nul ne l'exprime mieux que Enio Manzini dans la matière de l'invention[1] :
« Tout objet produit par l'homme est la matérialisation d'un pensable-possible : quelque chose à quoi quelqu'un à pensé et qui peut être réalisé. Le pensable-possible se situe au carrefour des évolutions et de la pensée - dans ses modèles mentaux, structures culturelles et formes de connaissances - et du développement technologique quant aux matériaux disponibles, aux procédés de transformation et aux systèmes de prévision et de contrôle.
Cette interaction entre le pensable et le possible, qui se traduit dans ce que nous appelons un projet, est loin d'être simple et linéaire. Le pensable n'est qu'un champ ouvert qui devrait entre dans les limites du possible, la conscience de ces limites étant déjà un élément constructif de ce qui peut être pensé.
D'autre part, ce qui peut être pensé dépasse la simple acceptation des limites connues. L'acte créatif et inventif se traduit notamment par la capacité à déplacer dans un autre sysème de références certaines données contraignantes, pour produire ainsi quelque chose de nouveau auquel on n'avait pas encore pensé, et qui pouvait donc sembler impensable.
L'idée qu'on se fait du possible se révèle de la sorte une des bases de la créativité. »

L'enseignement initial et la formation professionnelle

Dans le cadre de cette mission générale d'enseignement, les écoles se sont fixées une première cible, celle d'enrichir les enseignements initiaux. Elles proposent aux étudiants des « unités d'enseignements », destinées à compléter les enseignements dispensés dans les écoles.

Ces unités d'enseignement innovantes, reproductibles, faisant appel à une pédagogie active, intéressant plusieurs métiers, mettant en jeu l'expérimentation et la manipulation, se déroulent sous forme de sessions de courte durée, de quelques jours à quelques semaines, sur des thèmes très variés : matière et matériaux, mise en œuvre, formes, surfaces, assemblages, systèmes de structure et d'enveloppe, environnement, ambiances, etc.
En complément de ces unités d'enseignement destinées à tous les niveaux de l'enseignement initial, d'autres types et d'autres formes d'enseignement sont proposées par les Grands Ateliers en direction des professionnels et des enseignants.
Par exemple, des pôles de compétences thématiques sont progressivement mis en place, notamment sur les grands problèmes environnementaux : environnement et éco-construction, risques majeurs et construction parasismique, maîtrise des ambiances, etc.

Source[1] : Editions CCI 1990

La recherche

L'ensemble des laboratoires d'ingénierie et d'architecture, les équipes de recherche spécialisées et les centres de recherche industriels des partenaires des Grands Ateliers constituent une masse critique et un gisement de compétences. L'animation de ce réseau et l'organisation d'échanges entre chercheurs et professionnels permettent d'identifier des axes de recherche originaux et innovants, notamment dans le domaine de l'usage et de l'assemblage des matériaux.

Les champs de recherche s'étendent de la construction parasismique à l'étude des matériaux et du vieillissement des enveloppes, en passant par le vaste domaine des ambiances où artistes, ingénieurs et architectes peuvent se compléter sur un large éventail de projets. Les Grands Ateliers constituent ainsi un pôle d'incitation à la recherche : en proposant ces axes de recherche innovants, en aidant à mettre en place, grâce à cet effet de réseau, des équipes pluri-culturelles originales en relation étroite avec leurs partenaires industriels, en recherchant des financements, et en offrant un site d'expérimentation équipé en personnel technique et en matériaux, en diffusant enfin les résultats des travaux réalisés.

Le futur

Les actions des Grands Ateliers s'articulent selon deux volets complémentaires qui sont la pédagogie/formation et la recherche/expérimentation.

L'intérêt manifesté par les différents acteurs que sont les collectivités locales, les structures d'enseignement, les centres de recherche, les industriels liés au bâtiment et le grand public représente un atout majeur pour élaborer un nouveau projet unique et innovant, sur le thème de la construction durable. Le rassemblement de compétences, et la volonté commune de traduire l'innovation en solutions originales, motivent l'ensemble des partenaires à imaginer autour d'objectifs communs « une cité de la construction durable » répondant à des attentes fondamentales de la société actuelle.

Les Grands Ateliers de l'Isle d'Abeau (GAIA).



197



198

Le Master Architecture & Cultures Constructives (A&CC)

Notre monde se transforme de manière radicale. L'humanité prend conscience qu'elle partage un monde commun sur une Terre qui a atteint ses limites. Ce changement produit une autre relation à ce qui reste de la nature, de notre milieu de vie. Un nouveau rapport à la ville et à l'énergie s'établit. La prise de conscience effective des enjeux spatiaux du développement durable due aux récentes crises sociale, environnementale, financière et énergétique initie d'autres approches de l'habitat, des territoires, des sociétés et des outils de production du cadre bâti. Pour aller vers un projet de société juste et équitable, l'habitat écologique du futur doit être confortable et économique.
En France, où l'offre de logements reste insuffisante et mal adaptée aux besoins et ressources financières de très nombreux ménages, la question du logement mérite des approches architecturales créatives et innovantes.

L'ENSAG et l'ENSAL, en liaison avec les Grands Ateliers, ont rapproché en 2010 les enseignements respectifs de deux de leurs thématiques de master. L'un des objectifs visés est la création d'un pôle d'excellence sur la question de l'habitat éco-responsable dans le cadre d'une politique d'aménagement du territoire et du milieu de vie, naturel autant qu'urbain. Ces deux thématiques, l'une A&CC à Grenoble dirigée par Pascal Rollet jusqu'en 2012, puis par Nicolas Dubus depuis, l'autre AA&CC à Lyon par Olivier Balaÿ, partagent la même problématique, les mêmes projets, les mêmes jurys, croisent certains enseignements et participent ensemble à des expérimentations aux Grands Ateliers. L'idée commune est de former des spécialistes de la conception éco-responsable d'architectures et techniques intégrées dans un milieu de vie et sur des territoires donnés. Dans ce domaine regroupant les disciplines de l'architecture, de l'urbanisme, de l'environnement et de l'ethnologie, l'équipe vise à structurer un

enseignement sur les rapports entre matière (les matières physiques et les matières sensibles) et la société contemporaine, en développant une démarche interdisciplinaire prenant appui sur trois types de savoirs : la recherche sur la théorie du projet et les pratiques de projets en situation, les sciences et techniques pour les ambiances et la construction, les sciences humaines pour l'environnement construit.

Propédeutique matériaux

« *Jeunes gens, trouvez-vous avant tout une sagesse et un désir physique de faire les choses, avant de structurer votre tête avec la théorie* ». Les responsables des Masters A&CC et AA&CC auraient pu faire leur cette citation de Walter Gropius. Le fondement de cet enseignement est de constituer une propédeutique matériaux avec comme objectif de permettre aux étudiants d'acquérir des bases indispensables pour développer leur propre logique de conception dans le cadre de projets situés aux ambiances bien différenciées.

Pour atteindre cet objectif pédagogique, l'enseignement se structure en workshops intensifs permettant de faire un tour d'horizon des logiques constructives et tectoniques qui s'attachent aux matériaux communément employés pour la construction des bâtiments et également des techniques descriptives des ambiances in situ. Bois, acier, pierre, terre, composite, textile, verre, chaque matériau fait l'objet d'un module d'enseignement.

Chacun de ces modules voit les étudiants architectes (Master 1) concevoir un projet en rapport avec la logique constructive du matériau étudié, projet qu'ils vont eux-mêmes construire à l'échelle 1/1 aux Grands Ateliers de l'Isle d'Abeau durant une à deux semaines. La confrontation avec la matière est des plus instructive pour les étudiants, comme en témoigne Pascal Rollet :
« *Sur le plan pédagogique, on retiendra le fait que la formation par l'expérimentation revêt un caractère initiatique qui permet à chacun de se révéler dans l'action en complétant les capacités réflexives développées au cours des études par la mise en évidence des aptitudes, ou des difficultés, de chacun à mettre en pratique des idées. Cette étape permet de passer un cap de maturité grâce à la confrontation avec le réel. Après des années d'apprentissage presque exclusivement intellectuel et théorique, cette étape est indispensable pour ancrer les connaissances acquises dans le concret.* »

Travail collaboratif

Les contraintes environnementales actuelles induisent une mutation des pratiques dans le milieu de la construction. Les acteurs du bâtiment doivent reconsidérer leur place au sein d'une réalité complexe, qu'il faut considérer comme un tout et non comme une addition de facteurs séparés. Cette conjoncture a favorisé l'apparition de nouveaux corps de métiers et surtout la mutation des professions déjà existantes. De ce fait de nouvelles formes de collaboration se mettent en place, associant de multiples disciplines.

Un des objectifs majeurs que s'est donné l'équipe enseignante du master A&CC est de créer les conditions favorables à ce travail collaboratif dès l'université. Cette volonté de travailler en équipe s'appuie sur l'idée qu'associer l'intelligence collective et les savoirs de différents métiers ou disciplines en amont d'un projet offre plus sûrement la possibilité d'aboutir à une réponse adaptée aux enjeux actuels que ne peuvent permettre les anciennes formes de collaboration.

L'opportunité du *Solar Decathlon* était alors immanquable, le spectre des domaines abordés est tellement large qu'il fallait nécessairement constituer une équipe pluridisciplinaire pour participer à cet événement. Dès 2008, Pascal Rollet, Vincent Jacques Le Seigneur et Patrice Doat perçoivent tout le potentiel pédagogique qui se tient derrière cet événement. Thomas Jusselme, ingénieur éco-conception, le résume ainsi : « *En tant qu'enseignant sur les domaines de la thermique, du bioclimatisme et de la qualité environnementale, j'ai vu dans l'expérience du Solar Decathlon une formidable opportunité pédagogique de placer les étudiants dans une position professionnelle où ils pourront acquérir par la pratique la base nécessaire à toute collaboration avec une équipe d'ingénieurs :*
- la compréhension de leur langage,
- la compréhension de leurs compétences,
- l'aptitude à gérer une équipe pluridisciplinaire.
En tant que professionnel du bâtiment, ce genre d'expérience permet de s'affranchir du contexte normatif et de prop oser/tester des solutions innovantes qui dépassent les règles de l'art. »

199



200



201

Module ACIER 2009 : master 1 A&CC


202


203

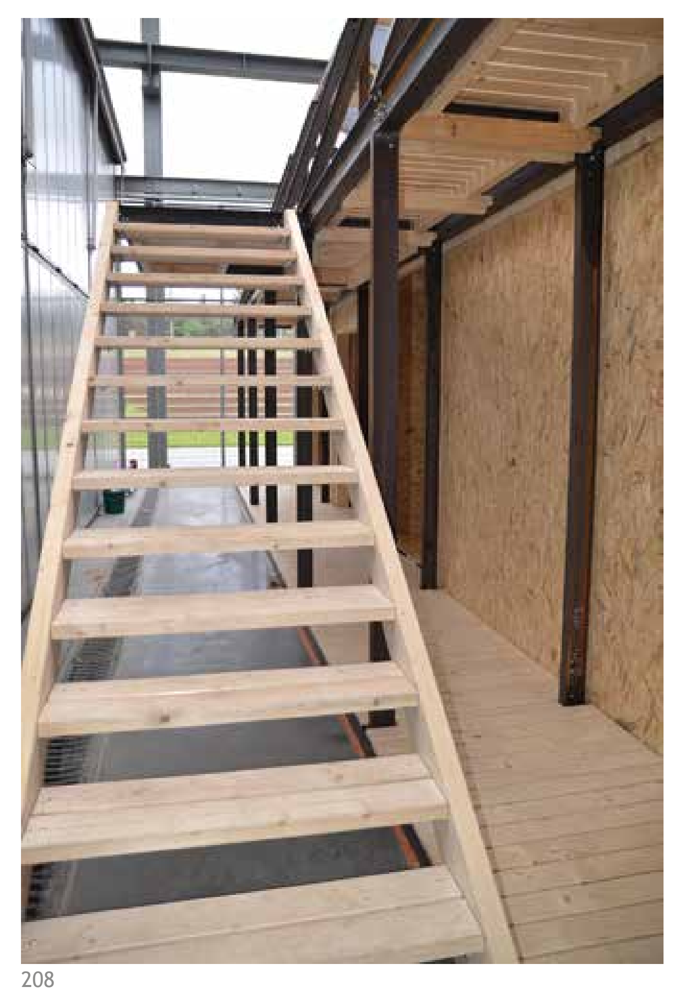

204


205


206

Module ACIER 2010 : master 1 A&CC et AA&CC


207


208


209


210

Module ACIER 2011 : master 1 A&CC et AA&CC


211


212


213


214

211 - Module TEXTILE 2010
212 - Module TERRE 2006 : master 1 A&CC + DSA terre + CRAterre
213 - Module ACIER 2013 : master 1 A&CC et AA&CC
214 - Module TERRE 2011 : master 1 A&CC + DSA terre + CRAterre



Prototype réalisé par un groupe d'étudiants en deuxième année du Master Architecture & Cultures Constructives et Architecture de l'ENSAG en juin 2005.


C.M.I
1000 KG

ÉPILOGUE
LA CO-CONCEPTION EN ARCHITECTURE

Discours prononcé par Pascal Rollet, au ministère de la Culture et Communication à l'occasion de la réception organisée en l'honneur de la Team Rhône-Alpes :

« Madame la Ministre de la Culture,
Madame la Ministre de l'égalité des territoires et du logement,
Madame la Ministre de l'environnement, du développement durable et de l'énergie,
Madame la Ministre de l'enseignement supérieur et de la recherche,
Monsieur le Président de la région Rhône-Alpes, ou ses représentants,
Monsieur le Directeur de l'Architecture,
Monsieur le Directeur de l'aménagement, du logement et de la nature,
Monsieur le directeur du CSTB,
Mesdames et Messieurs les présidents des PRES et des universités de Grenoble, de Savoie et de Lyon,
Mesdames et Messieurs les directeurs des écoles d'architecture, des Grands Ateliers, et des écoles d'ingénieurs,
Mesdames et Messieurs les représentants de nos partenaires industriels (Guy Dufraisse Président de Schneider Electric France, Philippe Labro EDF R&D…),
Chers enseignants et étudiants membres de la Team Rhône-Alpes…

Cette victoire – notre victoire au *Solar Decathlon* 2012 – que nous célébrons aujourd'hui est une belle victoire obtenue avec panache. Mais, bien plus qu'un aboutissement, elle marque surtout le début de quelque chose de beaucoup plus grand encore. Quelque chose qui nous concerne tous ici, je veux parler de la manière dont nous allons collectivement – en tant qu'experts de l'espace et de la physique du bâtiment – dessiner l'avenir de notre milieu de vie.

En tant que Faculty Advisor de la team Rhône-Alpes, il m'incombe aujourd'hui certes de remercier tous ceux qui ont rendu cette aventure possible, mais aussi et surtout de tracer les pistes d'avenir et de suggérer les tâches auxquelles nous serions bien avisés de nous atteler dès la fin de cette réception, car, comme nous l'ont si gentiment écrit Bertrand Delcambre et Carole Le Gall dans leur mot de félicitation, « *Très souvent, après le succès viennent les moments de repos, parfois de doute et de recherche de nouveaux horizons. Dans le cas présent le repos sera de courte durée et le doute, pas de mise, car nous voilà tous engagés dans une nouvelle aventure…* »

Le *Solar Decathlon* est un événement très particulier que l'on pourrait situer quelque part entre la course de l'America Cup, une coupe du monde de rugby et une exposition universelle croisée avec un salon des inventeurs et des avant-gardes artistiques.
Coupe de l'America car il s'agit, au moyen d'un dispositif technique élaboré – là un bateau, ici une maison – d'établir une série de performances au cours d'épreuves qui s'apparentent chacune à une régate hautement stratégique.
Rugby car l'esprit d'équipe, la cohésion de groupe et la force mentale des individus autant que l'engagement physique sont durement mis à l'épreuve d'un règlement sophistiqué dont il faut maîtriser chaque aspect sur le bout des doigts tout au long d'un match long et intense.
Exposition universelle car il s'agit de parler et de montrer au grand public ce que pourrait être l'habitat et les villes de demain.
Salon des inventeurs et des avant-gardes car l'innovation technique et la démonstration de nouvelles idées en matière d'architecture, d'urbanisme et de design autant qu'en matière d'organisation sociale et industrielle constituent la toile de fond de toute l'histoire.
L'idée géniale de cette compétition, c'est de faire concourir des équipes qui impliquent des étudiants encadrés par des enseignants-chercheurs, associés à des laboratoires de recherche et à des partenaires industriels de tous les métiers touchant de près ou de loin à la question de l'habitat et de la fabrique des villes.
Si cette compétition ne mettait en jeu que des étudiants, on pourrait craindre une dérive vers une espèce de sympathique Woodstock de la cabane inventive mais souvent farfelue.
Si elle ne mettait en jeu que des enseignants et des chercheurs, elle se concentrerait certainement sur des problématiques très sérieuses, mais assez étroites, dignes d'un concours Lépine ou d'un rapport de recherche du BRAUP en chasse d'une publication dans une revue de rang A en perspective de l'évaluation AERES.
Si elle ne mettait en jeu que des entreprises et des sociétés industrielles on pourrait craindre qu'elle ne tende vers la foire commerciale de type Batimat.
Mises toutes ensembles, ces trois composantes se stimulent et se fécondent les unes les autres pour fabriquer une compétition de haut niveau, intégrant de l'innovation technologique basée sur un travail de recherche de longue haleine, dans lequel les perspectives sociales, politiques et économiques jouent un rôle majeur. Le *Solar Decathlon* illustre ainsi parfaitement

ce qu'est le quatrième pilier du développement durable : une vision culturelle qui intègre les aspects écologiques, sociaux et économiques de l'aménagement de notre environnement dans une logique de démocratie participative où chacun pourra prendre en toute conscience ses responsabilités citoyennes parce que suffisamment et correctement informé.

Nous pouvons remercier Richard King et le département de l'énergie américain d'avoir eu cette idée géniale. Nous pouvons remercier l'Université Polytechnique de Madrid et le gouvernement espagnol de l'avoir importée en Europe. Nous pouvons remercier le gouvernement français d'apporter sa pierre à l'évolution de cette œuvre européenne, qui je le crois, est appelée à devenir une référence dans sa catégorie.

L'équipe Rhône-Alpes a remporté cette compétition car elle a su proposer une vision qui dépassait les limites implicitement fixées par la culture dominante de l'architecture durable actuelle. En posant clairement la question à l'échelle du territoire à énergie positive plutôt qu'à celle du bâtiment, l'équipe a bousculé les attendus des jurys et installé un nouveau référentiel pour les prochaines éditions. Le pari était risqué. Nous sommes fiers, mais surtout soulagés, d'avoir réussi à convaincre.

L'équipe a remporté cette compétition car elle a su innover sur plusieurs aspects tant spatiaux que techniques. Les programmes de recherche qui prolongeront Canopea® devront affronter la question de l'économie et de la percolation de l'innovation jusque dans les couches les plus modestes de la société.

L'équipe a remporté cette compétition car elle a su gérer un groupe pluridisciplinaire hétérogène et maintenir un bon niveau de cohésion malgré les inévitables incompréhensions et frictions internes entre des personnalités fortes de cultures très différentes. Aujourd'hui, ce que chaque membre de l'équipage aura compris, c'est que, comme sur un bateau, du mousse au capitaine, tous les rôles sont importants et ont leur raison d'être. Si certains ont eu l'impression d'en faire plus que d'autres, c'est que d'une part ils en étaient capables, et d'autre part que cette capacité leur conférait une responsabilité supplémentaire par rapport aux autres, et en aucun cas un droit de juger ceux qui s'en trouvent moins pourvus.

L'équipe a remporté cette compétition car, au moment crucial de sa constitution, elle s'est élargie au lieu de se resserrer. 2010 avait été une expérience frustrante nous laissant au pied du podium avec le goût amer de l'inachevé et d'une certaine injustice.
En 2012 nous sommes allés chercher les compétences qui nous avaient manqué dans le domaine de l'électricité et de la gestion de l'énergie, mais nous avons aussi élargi l'équipe à d'autres écoles de la région comme l'école d'architecture de Lyon afin de lui donner une ampleur régionale capable de préfigurer une grande université Rhône-Alpes qui fait particulièrement sens quand on regarde la France de l'extérieur.
À notre modeste échelle et grâce à l'action coordonnée de nos directions, en accord avec nos conseils d'administration, nous montrons que cela est possible et que cela démultiplie notre puissance au lieu de la dissoudre.

L'avenir que l'on peut – que nous devons – imaginer à partir de là me semble assez clair :

1 – Il nous faut tout d'abord poursuivre la R&D des programmes Canopea® et Armadillo Box® en rentabilisant les connaissances acquises et en les approfondissant pour les finaliser, les publier, les concrétiser avec nos partenaires institutionnels et privés. Nous souhaitons montrer Canopea® dans diverses circonstances – le prototype a été conçu pour cela – et nous souhaitons en tirer des opérations réelles qui permettront à nos étudiants devenus de jeunes professionnels, de faire leurs premières armes dans un cadre innovant et stimulant. La dure réalité de la faisabilité économique est devant nous mais le vrai objectif : construire des logements pour tous, est exaltant.

2 – Pour la participation à l'édition de 2014 à Versailles, il nous faut créer un centre d'aide aux nouvelles universités françaises participantes pour faire monter le niveau général de la conception architecturale et urbaine collaborative dans notre pays. À l'instar de l'équipe allemande de l'université de Darmstadt qui avait remporté le *Solar Decathlon* en 2007 et 2009, nous devons jouer un rôle de pionnier qui ouvre la voie et transmet le flambeau à d'autres universités nationales. Nous devons organiser cette manifestation à l'échelle européenne, avec un véritable esprit

européen, en collaboration avec les Espagnols qui ont acquis une expérience certaine et avec ceux qui prendront la suite en 2016 ou 2018.

3 – Il faut ensuite se donner de nouveaux horizons et relever de nouveaux défis, comme par exemple constituer une équipe France avec nos amis d'Aquitaine, mais aussi d'autres écoles et universités nationales, et avec le soutien de nos partenaires industriels désireux d'aller à l'export, pour participer au *Solar Decathlon Chine* (ou USA) en 2015 ! Une sélection nationale rassemblant les plus volontaires et les plus compétents de nos jeunes architectes, ingénieurs, designers appuyés par notre industrie, nos PME, nos laboratoires de recherche, doivent porter le savoir faire français à l'export et faire connaître notre approche culturelle du développement durable dans le domaine de la ville, de l'architecture et de l'art de vivre. Du panneau solaire hybride à la grande cuisine économe en énergie, nous avons des atouts à faire valoir qui n'ont rien à envier aux autres nations. C'est dans nos têtes qu'un changement majeur doit s'opérer : dans la guerre économique internationale nous devons apprendre à chasser en meute et nous serrer les coudes au lieu de nous déchirer comme des tribus gauloises soucieuses de leurs seules petites prérogatives locales. Pour consolider le modèle social le plus égalitaire et solidaire possible auquel nous croyons collectivement, nous devons continuer à produire de la richesse sur notre territoire tout en développant nos échanges avec l'étranger en nous appuyant sur l'incroyable diversité culturelle qui nous caractérise.

4 – Enfin, pour permettre de concrétiser tout cela, nous devons développer un grand centre Rhône-Alpes de production de culture scientifique technique et industrielle dans le champ de la connaissance de la matière, des matériaux, des ambiances, de la construction, de l'architecture et de la ville durable autour des écoles d'architecture de la région et des Grands Ateliers, en partenariat avec les PRES régionaux et l'INES, et en collaboration active avec les industriels du BTP et de l'énergie. Ce centre de production culturelle est le ciment qui manque actuellement aux multiples initiatives locales dans ce domaine. Les besoins sociaux, la science, la technique, l'économie, ne se rejoignent que dans la vision culturelle qui assemble et aligne tous les composants en perspective d'un but commun bien identifié.

Je voudrais conclure en parlant du rôle essentiel joué dans cette affaire par la notion de passage de relais entre les générations.
D'Alain Maugard, qui nous a fait l'honneur d'être le président du conseil scientifique de notre équipe durant quatre ans, à Patrice Doat, initiateur il y a plus de vingt ans de ce qui est devenu aujourd'hui le laboratoire AE&CC de l'ENSAG.
De l'Institut National de l'Énergie Solaire aux Grands Ateliers ;
De l'équipe d'enseignants et d'administratifs des écoles d'architecture, des écoles d'ingénieurs et de l'université aux jeunes membres de la team Rhône-Alpes ici rassemblés, c'est la balle de la connaissance qui se transmet, avec la conscience aiguë de notre rôle impliqué dans la société, et la volonté de peser sur son évolution.

Cela ressemble décidément beaucoup à du rugby…

Comme nous le disait notre conseiller spécial en coaching, Olivier Lizon-Tati, Vice-President Customers Relations France de Schneider Electric dont l'expérience en la matière nous a été très utile au plus fort des moments de doute, dans la deuxième semaine de compétition à Madrid :
- Restez groupés, tenez vos positions, ne lâchez rien !
- Respectez toujours l'arbitre et les règles,
- Pas de coup de boule visible, mais tordez leur quand même un peu les «roubignolles» dans les placages sans que personne ne s'en aperçoive,
- À la fin, n'oubliez pas de serrez la main de vos adversaires en disant, avec cet inimitable sourire british : « *good game* ».

Ce n'est qu'un début, c'est le jeu de la vie, faites passer la balle. »

Pascal Rollet

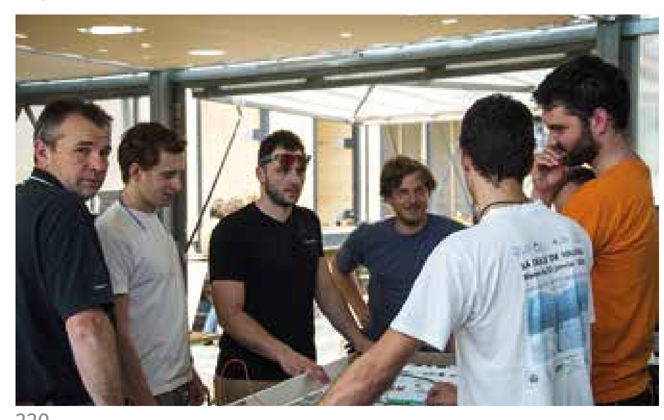

Victoire du projet Canopea
au Solar Decathlon Europe 2012
Lancement du Solar Decathlon Europe 2014

TEAM RHÔNE-ALPES
TROMBINOSCOPE


217


218

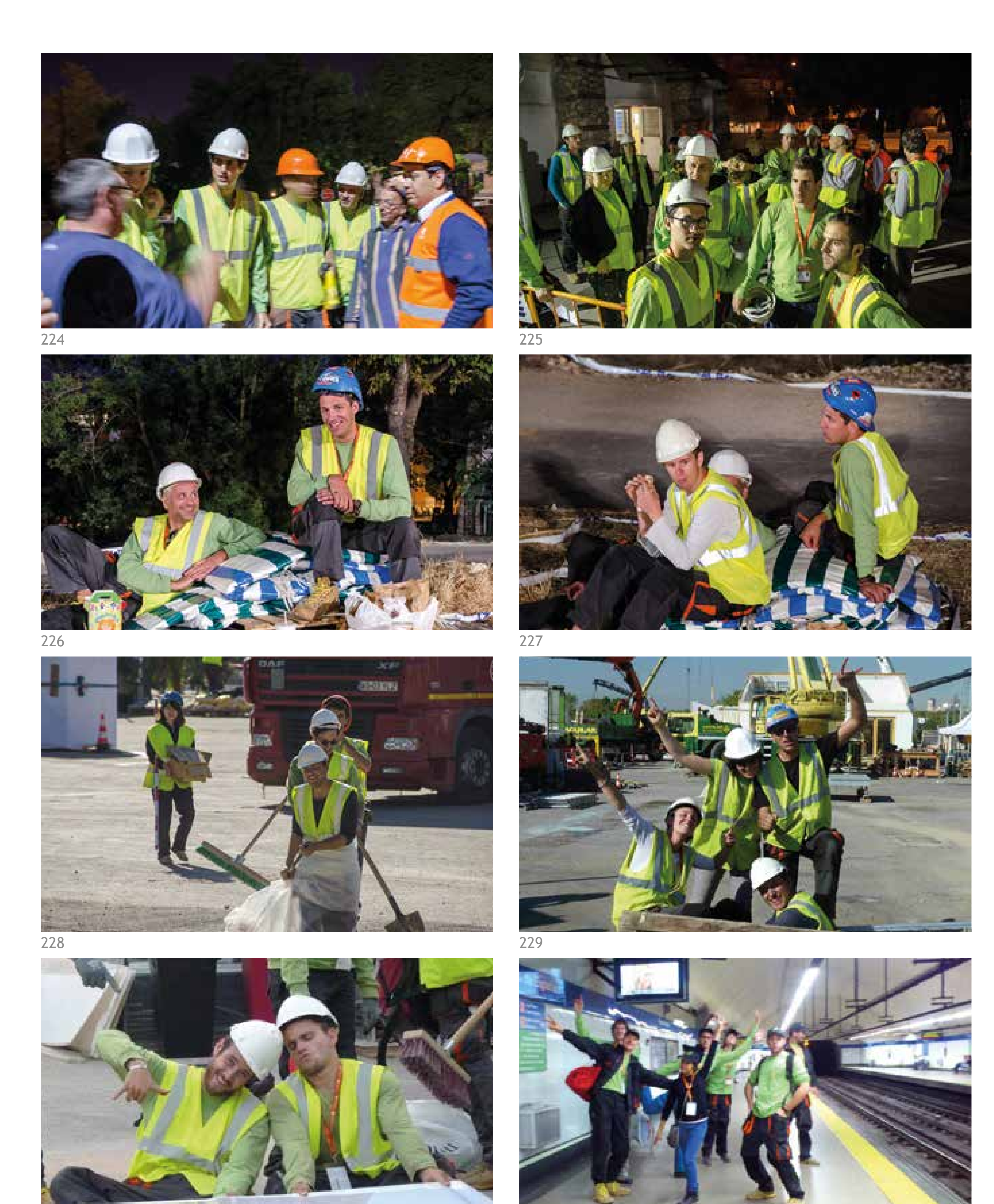

219


220


221


222


223



224

225

226

227

228

229

230

231



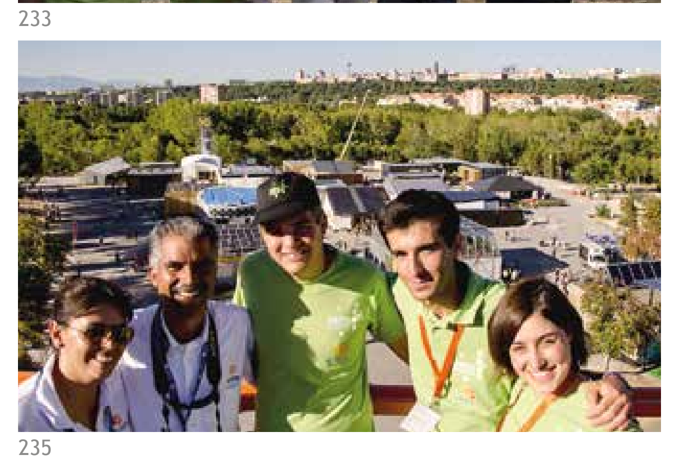
232



233



234



235



236


237


238


239


240


241

242


243


244


245


246

247



248

249

252

250

251

253

254

TEAM RHÔNE-ALPES 2010 ET 2012
PLUS DE 100 ÉTUDIANTS, ENSEIGNANTS, CHERCHEURS, ADMINISTRATIFS, MÉCÈNES...

Team Rhône-Alpes - Solar Decathlon Europe 2012

Scientific Committee

Alain Maugard, Chairman, Engineer of Ponts & Chaussées. After fifteen years as President of Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), Mr Maugard is now member of the General Council for Environment and President of the « Risks, Security & Safety » section.

Daniel Lincot, Chemist- French Specialist of Photovoltaïc Effect. Director of Electrochemistry and Analytical Chemistry Laboratory (LECA UMR 7575 CNRS/ ENSCP/ UPMC), at École Nationale Supérieure de Chimie de Paris (ENSCP). Adjunct Director of Research and Development Institute on Photovoltaïc Energy (IRDEP UMR 7174 CNRS/ EDF/ENSCP).

Henri Van Damme, Physicist - Director of research at LCPC. Professor at École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de la ville de Paris since 1999. He is a Specialist of very high performance concrete. Works with CRAterre on the « Matière en Grains » program.

Marie-Hélène Contal, Architect - She currently works at Institut Français d'Architecture. She is in charge of the Global Award Competition organized by the Cité du Patrimoine et de l'Architecture (CAPA - Paris).

Real Jantzen, Former special councilor of the President at Cité des Sciences et de l'Industrie, Paris. He is a Specialist in Scientific Popularization.

Benoît Parayre, Inspector at Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable. (MEDDTL - Paris).

Alain Lecomte, Inspector at Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable. Président de la 3ème section. In charge of the French Mission for SDE 2014 Organization (MEDDTL - Paris).

Steering Committee

Jean-Michel Knop - Architect-Urban Planner of the State. Director of ENSAG

Nathalie Mezureux - Architect-Urban Planner of the State. Director of ENSAL

Michel-André Durand - GAIA Director

Pascal Rollet - Architect. Professor at ENSAG. Faculty Advisor

Vincent Jacques Le Seigneur - INES General Secretary. Communication and Partnerships. Coordination

Patrice Doat - Architect. Professor at ENSAG. Earth construction experimentations

Vincent Mangematin - Professor at GEM. Management

Olivier Balaÿ - Architect. Professor at ENSAL. Ambiances

Pascal Perrotin - Professor at Polytech' Annecy-Chambéry (University of Savoie). Building Sciences

Stéphane Ploix - Professor at ENSE3. Energy and Electricity Management

Daniel Quenard - Head of Physics and Characterization of Materials Division of CSTB

Yves Lembeye - Professor at GEII (University Joseph Fourier). Electrical Systems

Laurent Chicoineau - CCSTI Grenoble Director. University Stendhal Professor. Scientific communication

Faculty Team members

ENSAG faculty team members :

Romain Anger - Building Physics Engineer (PhD INSA Lyon - CRAterre-ENSAG). Researcher at AE&CC

Anne-Monique Bardagot - Ethnologist. Assistant Professor of Sociology. Researcher at CRAterre-ENSAG

Olivier Baverel - Structural Engineer. Assistant Professor of Building Sciences. HDR

Maxime Bonnevie - Architect - SDE Project Manager. Researcher at AE&CC

Quentin Chansavang - Architect - DSA Earth Construction

Anne Coste - Architect. Professor of Theory and History of Architecture (HDR). « Cultures Constructives » Laboratory Scientific Director. Researcher at AE&CC

Patrice Doat - Architect. Professor of Building Sciences. CRAterre-ENSAG Scientific Director. Researcher at AE&CC

Nicolas Dubus - Architect. Associate Professor of Architecture. Researcher at AE&CC

Sébastien Freitas - Architect. Lecturer in Architecture

Jean-Christophe Fluhr - Energetic Engineer. Lecturer in Building Physics

Lætitia Fontaine - Building Physics Engineer (PhD INSA Lyon - CRAterre-ENSAG). Researcher at AE&CC

Cédric Gaillard - Architect. Lecturer for Steel Construction Module

Philippe Garnier - Architect. Associate Professor of Architecture

Hugo Gasnier - Architect - DSA Earth Construction

Hubert Guillaud - Architect. Professor of Building Sciences (HDR). AE&CC Research Laboratory co-Director

Hugo Houben - Engineer-Researcher CRAterre-ENSAG

Thierry Joffroy - Architect-Researcher CRAterre-ENSAG. LABEX AE&CC Scientific Director

Thomas Jusselme - Ecodesign Engineer. Associate Professor of Building Sciences. Researcher at AE&CC

Bruno Marielle - Architect. Associate Professor for Wood

Construction Module
Arnaud Misse - Architect-Researcher CRAterre-ENSAG
Suzannah O'Carroll - Associate Professor of Language for Architecture (English). Researcher at AE&CC
Guillaume Pradelle - Architect. Lecturer in Architecture
Pascal Rollet - Architect - SDE Faculty Advisor. Professor of Architecture and Urban Design. AE&CC Research Laboratory co-Director
Stéphane Sadoux - Urban Planner. Assistant Professor of Urban Planning. Researcher at AE&CC
Walter Simone - Computer Graphics & Renderings. Lecturer in Computer Sciences
Milena Stefanova - Architect. Assistant Professor. Interior Design
Laurent Tochon - Energetic Engineer. Lecturer in Building Physics
François Vitoux - Architect. Assistant Professor. Interior design

ENSAG administration :
Jean Michel Knop - Director
Lucie Scotet - Vice Director
Hélène Casalta - Research Department & Partnership
Franck Bichindaritz - Head of Logistic & Technical Services
Françoise Poncet - Director's Secretary
Nathalie Marie-Louise - Professional Training & Internship
Aurélien Fricot - General Accountant Agent
Laurence Rousseau-Dubourg - Accountant Agent Assistant
Sylvia Bardos - Finances Department
Isabelle Escande - Finances Department
Anne-Lyse Hubert - Finances Department
Brigitte Champsavoir - Communication
Martine Halotier - Master Administration
Colette Ioan - HMO Administration
Alain Louet - GAIA Coordination
Frédéric Nougier - Computer Equipment & Network
Stéphane Pantaléo - Computer Equipment & Network
Mathias Tardieu - Computer Equipment & Network
José Faria - Logistics
Lucien Géré - Logistics
Paolo Sciarappa - Logistics
Laurent Rivollet - Receptionist

Les Grands Ateliers de l'Isle d'Abeau team members :
Michel-André Durand - Director
Patrice Doat - Chairman of the Board of Administration
Françoise Aubry - Secretary
Orlane Bechet - Accountant
Joël Gourgand - Communication
Roland Mathieu - Technical Support
Maurice Nicolas - Technical Support
Bruno Vincent - Experimentations Coordination

INES team members :
Vincent Jacques-Le-Seigneur - General Secretary
Jean-Pierre Joly - Director
Franck Barruel - Energy & Transportation
Cathy Barthelemy - Integration of solar systems in buildings
Estelle Bonhomme - Communication & PR
Françoise Burgun - Head of Integration of solar systems in buildings Program
Olivier Flechon - Integration of solar systems in buildings
Pascal Gantet - Partnership and sponsoring
Audrey Joly - Secretary and Finances
Philippe Papillon - Solar thermal systems
Anaïs Schneider - Communication
Jean-Louis Six - Head of Smart Building Program - CEA

ENSAL faculty team members :
Olivier Balaÿ - Professor of Architecture and Urban Design. Researcher at CRESSON
Rémi Mouterde - Professor of Building Sciences. Researcher at LAF
Jacques Scrittori - Lecturer in Architecture

ENSAL administration :
Nathalie Mezureux - Director
Jean-François Agier - General Secretary
Luc Bousquet - Research and Partnership Department
David Comte - Communication
Martine Heyde - Head of Teaching Department

ENSE³ faculty team members :
Stéphane Ploix - Energy Management Engineer. Professor at ENSE³ and Researcher at INPG

ENTPE team members :
Jean-Baptiste Lesort - Director
Laurent Arnaud - Professor of Civil Engineering

GEII faculty team member :
Yves Lembeye - Director of GEII
Jean-Luc Amalberti - Assistant Professor of Electrical Technology
Jonathan Arangi - Assistant Professor of Electrical Technology

TEAM RHÔNE-ALPES 2010 ET 2012
PLUS DE 100 ÉTUDIANTS, ENSEIGNANTS, CHERCHEURS, ADMINISTRATIFS, MÉCÈNES...

Pierre Canat - Assistant Professor of Electrical Technology
Daniel Hilaire - Assistant Professor of Electrical Technology

GEM faculty team members :
Amélie Boutinot - PhD in progress at GEM. Lecturer in Management. Team Rhône-Alpes communication contact
Caroline Gauthier - Lecturer in Marketing & Sustainable Development
Guillaume Lafont - Lecturer in Building Market Viability
Vincent Mangematin - Professor of Management
Mélanie Perruchione - Lecturer in Communication
Laura Sperandio - Public Relation

HEIG-VD team members :
Stéphane Citherlet - Professor of Buildings Energetics. LESBAT Researcher
Didier Favre - Ph.D student at Heig-vd

Institut Paul Bocuse administration :
Simone Bischoff - Relations Career & Internship
Henry Clavijo - Director Master's Programme
Pascal Lamoussière - Responsable Programme Arts Culinaires

Polytech' Annecy-Chambery faculty team members :
Pascal Perrotin - Structural Engineer. Assistant Professor in Building Sciences researcher at LOCI
Étienne Wurtz - Building Physics Engineer. Professor of Thermal Physics. CNRS Research Director
Fanny Deloche - Administration and Finances

Stendhal University - CST faculty team members :
Laurent Chicoineau - Science and Technology Communication
Joëlle Bourgin - Professor in Science and Technology Communication

UNIGE Groupe Énergie - Institut des Sciences de l'Environnement team members :
Pierre Hollmüller - Researcher at Institut Forel
Anthony Haroutunian - Researcher at Institut Forel

CSTB team members :
Lætitia Arantes - PhD in progress at CSTB. ENSAG/CSTB joint Research Program on « Energetic behaviour of *Core/Skin/Shell* design for high rise buildings »
Robert Copé - Former Director of CSTB Research
Julien Hans - Head of Environment Division
Alexandra Lebert - ELODIE Program Manager
Yves Marcoux - Housing and Transportation. Convergence Program Manager
Daniel Quenard - Head of Physics and Caracterization of Materials Division

Les Compagnons du Tour de France team members :
François Rozay - Wood Carpentry Training Officer. F.C.M.B.
Jean-Christophe Vernay - Head of Compagnons du Tour de France. Training Program in Rhône-Alpes Area. F.C.M.B.

Students
ENSAG & ENSAL SDE 2012 Joint Master Class 2010-2011 :
ENSAG : Samuel Chapuis-Breyton, Yoann Chaussinand, Fanny Lapertot, Mélanie Mathevet, Alexandre Vial-Tissot
ENSAL : Julien Brunet, Elodie Cano, Sophie Protière, Cristian Portillo-Escobar

ENSAG & ENSAL SDE 2012 Joint Master Class 2011-2012 :
ENSAG : Guillaume Bessieres, Caroline Blanc, Antoine Chavanne, Damien Demeure, Estelle Delahay-Panchout, Eduardo Duarte Azevedo, Natalia Eon Duval, Carole Fournier, François Grimal, Fanny Jacquet, Benjamin Le Naour, Lydie Lahitette-Laroque, Hanyu Li, Marielle Martin, Amine Mekki Berrada, Hugo Rigard
ENSAL : Pierre Dallaporta, Timothée Dietz, Maximilien Dumont, Cécile Ermel, Timur Ersen

ENSAG HMO (Professional License) Architects :
Christophe De Tricaud, Aurélien Messa

ENSAG Interior Design Class (DPEA Design) :
Amine Ait Hamouda, Siham Bakhtaoui, Chuan Chuan Li, Asal Hazrati, Iana Kharina, Laurie Lis, Caroline Lopez, Pauline Marmet, Ulysse Martel, Julien Miceli, Pejman Mirzaei, Zeynep Sener, Anastasia Sokolnikova, Caroline Sergent, Ahn Truong Dao, Jeanne Vauthier, Patricia Williams, Meanmakkah Yothakul, Fei Zhou

ENSAG & ENSAL SDE 2012 trainees :
ENSAG : Gauthier Boutiot, Delphine Bugaud, Clément Daneau, Florent Faye, Alice Gras, Caroline Jobard, François Lis, Marcel Sewanou, Valentine Vaupré, Nicolas Vernet, Anaïs Vigneron, Laure Villedieu
ENSAL : Amélie Aublanc, Florence Declavaillère, Manuel Mancho Sánchez, Anne-Lise Noyerie

ENSE^3 master students :
Quentin Boch, Heiroti Dauphin, Adel Djellouli, Elise Goujaud, Yanis Hadj-Said, Maëlle Kabir-Querrec, Timothy Kruger, Camille Latremoliere, Benoit Lechat, Jessica Leo, Paul Lionnet, Chafaa Meghzi, Clémence Puzin, Mathieu Ramond, Arthur Rigo, Tristan Scheid, Yacine Zem

GEII IUT students :
Ryad Beghidja, Walid Bengarali, Romain Bretiere, Martin Carre, Jeremy Chevalier, Anthony Criniere, Geoffray Collet, Antoine Curdy, Jérémi Faravelon, Laurent Giraud, Mathieu Ginet, Abdoulaye Gueye, Mehdi Hachani, Geoffray Houtmann, Hervé Lazarro, Guillaume Morvan, Sophian M'Rad, Julien Pichot, Sebastien Queyrel, Aymerick Saurat

GEM master students :
Aline Baconneau, Maxime Baronnier, Gabriel Blaise, Lauren Constant, Mélodie De Waele, Charlotte Fournier-Bidoz, Céline Gehier, Chloé Hinault, Julie Real, Julien Ringot

Polytech' Annecy-Chambery master students :
Pascal Antoni, Romain Bazile, Sylvain Bursi, Vincent Juif, Guilhem Lessaire, Romain Maglione, Guillaume Masson, Lucie Viat

Université Stendhal CST master students :
Maud Bonraisin, Héloïse Bouillard, Ariane Chollet, Amélie Coulet, Tristan De Leo, Antoine Le Gal, Julie Lhuillier, Sophie Neudert, Philippe Passebon, Rémy Padilla, Julie Suel, Alix Thuillier

Institut Paul Bocuse master students :
Patricia Lefeuvre, Navneet Yadav

Mécènes :
ADEME, Caisse des Dépôts, Conseil Général de SAVOIE, Grand Lyon, LABEX AE&CC, Ministère de la Culture et de la Communication, Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, OPAC, Région Rhône-Alpes, SEM Innovia, Ville de Grenoble, Université Polytechnique Madrid (UPM)

EDF, CEA, Schneider Electric

Archiwizzard, Banque Populaire, Bouchet Constructions Métalliques, Bouygues Construction, Bubendorff, Ducerf, Interpane, Menuiserie André, Metsäwood, Nilan, Paztec, Rexel, Serge Ferrari, Somfy, Total/Tenesol, Vicat, Vinci (SCB)

Akterre, Alsafix, Bfix, Bois et Sciages de Sougy, Carlstahl, CBM, Click and Watch, Construire Acier, Construire au Naturel, Cuisinella, Dépôt Services Carrelages, Desautel, Dimos, Dualsun, Dyson, Eco6thèmes, ESBE, Franciaflex, Freemens, Hawa, Huet, IFM, IPEA, Isolproducts, Jacob Delafon, Karo System, Knauf, Labaronne Citaf, La Seigneurie, Natur'laine, Nemetschek, Porextherm, Proclima, Profil Tension System, Qualitel/Cerqual, Roset, SADEV, SAMSE, SMA BTP, Sonos, Soprema, Studer, Systherm, TE Connectivity, Tremco Illbruck, Uponor, UXP, Veritas, Vesta System, V Ray (Paragraph), Wedi

TEAM RHÔNE-ALPES 2010 ET 2012
PLUS DE 100 ÉTUDIANTS, ENSEIGNANTS, CHERCHEURS, ADMINISTRATIFS, MÉCÈNES...

Team Rhône-Alpes - Solar Decathlon Europe 2010

Scientific Committee

Alain Maugard, Chairman. Engineer of Ponts & Chaussées. After fifteen years as President of Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), Mr Maugard is now member of the General Council for Environment and President of the « Risks, Security & Safety » section.
Daniel Lincot, Chemist. French Specialist of Photovoltaïc Effect. Director of Electrochemistry and Analytical Chemistry Laboratory (LECA UMR 7575 CNRS/ ENSCP/ UPMC), at École Nationale Supérieure de Chimie de Paris (ENSCP). Adjunct Director of Research and Development Institute on Photovoltaïc Energy (IRDEP UMR 7174 CNRS/ EDF/ENSCP).
Henri Van Damme, Physicist. Director of Research at LCPC. Professor at École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de la ville de Paris since 1999. He is a Specialist of very high performance concrete. Works with CRAterre on the « Matière en Grains » program.
Gilles Clément, Gardener. Botanist. Entomologist. Landscape Architect. Grand Prix National du Paysage 1998.
Real Jantzen, Former special councilor of the President at Cité des Sciences et de l'Industrie, Paris. He is a Specialist in Scientific Popularization.

Steering Committee

Vincent Michel - ENSAG Director 2008-2009
Paul Leandri - ENSAG Director 2009-2010
Pascal Rollet - Architect. Professor at ENSAG. Faculty Advisor
Vincent Jacques Le Seigneur - INES General Secretary. Communication and Partnerships. Coordination
Patrice Doat - Architect. Professor at ENSAG. Earth construction experimentations
Laurent Arnaud - TPE and P&C Engineer. GAIA Director

Experts Committee

Olivier Balaÿ - Professor at ENSAL. Researcher at Cresson, acoustic and sonic ambiances Expert
Cathie Barthelemy - Solar Integration Laboratory at INES
Jean-Marc Bernard - Compagnons du Solaire
Daniel Boulens - Director of City of Lyon Parks & Gardens Administration
Jean-Pierre Charbonneau - Urbanist. Sustainable urbanity special consultant for the City of Lyon
Xavier Cholin - Solar Thermic Laboratory at INES
Robert Copé - Former Director of research at CSTB
Olivier Flechon - Solar Integration Laboratory at INES
Marc Fontoynont - Professor at ENTPE. Research Expert in lightings at LASH
Julien Hans - Head of Environment Division. Elodie program Manager at CSTB
Pierre Jaboyedoff - Engineer at the Polytechnical School of Lausanne
Yves Marcoux - Chief project of « Building - Transportation Systems Convergence » at CSTB
Frederic Pautz - Director of Lyon Botanical Garden
Daniel Quenard - Head of Materials and Characterization Division. Envelope and façades Researcher at CSTB
Alain Ricaud - Professor at Polytech' Savoie. Solar Energy in buildings
Jean-Louis Six - Smart Building Program Director at INES
Etienne Wurtz - CNRS Research Director at Polytech' Savoie and LOCIE. INES

Faculty Team members

ENSAG faculty Team members :
Romain Anger - Building Physics Engineer (INSA Lyon).PhD in progress at CRAterre and INSA
Marc Auzet - Architect. PhD in progress at ENSAG
Anne-Monique Bardagot - Ethnologist. Assistant Professor of Sociology
Olivier Baverel - Structural Engineer. Assistant Professor of Building Sciences
Mathilde Chamodot - Architect. PhD in progress at CG71
Basile Cloquet - Architect. PhD in progress at CG71
Anne Coste - Architect. Professor of Theory and History of Architecture (HDR). « Cultures Constructives » Laboratory Scientific Director
Léa Dillard - Architect. HMONP at CG71 on Outsider project
Patrice Doat - Architect. Professor of Building Sciences
Nicolas Dubus - Architect. Visiting Professor of Architecture
Jean-Christophe Fluhr - Energetic Engineer. Lecturer in Building Physics
Lætitia Fontaine - Building Physics Engineer (INSA Lyon). PhD in progress at CRAterre and INSA
Sébastien Freitas - Architect. Lecturer in Architecture
Philippe Garnier - Architect. Visiting Professor of Architecture
Juliette Goudy - Architect. PhD in progress at ENSAG
Hubert Guillaud - Architect. Professor of Building Sciences (HDR). CRAterre Scientific Director
Hugo Houben - Engineer-Researcher CRAterre
Thomas Jusselme - Ecodesign Engineer. Visiting Professor of Building Sciences

Jean-Marie Le Tiec - Architect. Lecturer in Architecture
Suzanne o'Carroll - Associate Professor of Language for Architecture (English)
Vincent Robin - Architect. HMONP at CG71 on Outsider project
Pascal Rollet - Architect. SDE Faculty Advisor. Professor of Architecture
Stéphane Sadoux - Urban Planner. Assistant Professor of Urban Planning
Annie Tardivon - Landscape Architect. Visiting Professor of Landscape Architecture and Environmental Planning
Laurent Tochon - Energetic Engineer. Lecturer in Building Physics

ENSAG administration :
Paul Leandri - Director
Hélène Casalta - Research, Developments at Partnership
Marc Desplanches - Head of Finances Department
Sylvia Bardos - Finances Department
Anne-Lyse Hubert - Finances Department
Pierre Queiroga - Finances Department
Laurence Rousseau-Dubourg - Finances Department
Brigitte Champsavoir - Head of Communication Department
Philippe Lequenne - Head of Studies Department
Danièle Ruffin - Studies Department - International Affairs
Martine Halotier - Master Administration
Colette Ioan - HMO Administration
Alain Louet - GAIA Coordination
Frédéric Nougier - Computer Equipment & Network
Stéphane Pantaléo - Computer Equipment & Network
Mathias Tardieu - Computer Equipment & Network
Bernard Ruffin - Head of Technical Support
Aziz Atad - Technical Support
Lucien Géré - Technical Support
José Faria - Technical Support
Paolo Scarappa - Technical Support

ENSAG CRAterre earth specialists :
Laurent Coquemont, Ogiso Hiroko, Naoki Kusumi, Yuki Kusumi, Kinya Maruyama, Shinsaku Suzuki, Tomoumi Suzuki, Gisèle Taxil, Fabrice Tessier, Sylvie Wheeler

Les Grands Ateliers de l'Isle d'Abeau team members :
Laurent Arnaud - Director
Françoise Aubry - Secretary
Orlane Bechet - Accountant
Joël Gourgand - Communication
Marc Laurent - General Secretary
Roland Mathieu - Technical Support
Maurice Nicolas - Technical Support
Bruno Vincent - Experimentations Coordination

INES team members :
Vincent Jacques le Seigneur - General Secretary
Cathy Barthelemy - Integration of solar systems in buildings
Estelle Bonhomme - Communication & PR
Françoise Burgun - Head of Integration of solar systems in buildings Program
Christelle Ferry - Secretary and Finances
Olivier Flechon - Integration of solar systems in buildings
Pascal Gantet - Partnership and sponsoring
Jean-Louis Six - Head of Smart Building Program CEA

CSTB team members :
Lætitia Arantes - PhD in progress at CSTB. ENSAG/CSTB joint Research Program on « Energetic behaviour of *Core/Skin/Shell* design for high rise buildings »
Robert Copé - Former Director of CSTB Research
Julien Hans - Head of Environment Division
Alexandra Lebert - ELODIE Program Manager
Yves Marcoux - Housing and Transportation. Convergence Program Manager
Daniel Quenard - Head of Physics and Characterization of Materials Division

GEM faculty team members :
Vincent Mangematin - Professor of Management
Amélie Boutinot - PhD in progress at GEM

HEIG-VD team members :
Stéphane Citherlet - Professor of Buildings Energetics. LESBAT Researcher
Didier Favre - Ph.D student at Heig-vd

Les Compagnons du Tour de France team members :
François Rozay - Wood carpentry Training Officer. F.C.M.B.
Jean-Christophe Vernay - Head of Compagnons du Tour de France. Training Program in Rhône-Alpes Area F.C.M.B.
Clément Ramousse - Wood carpentry Training Officer F.C.M.B.

Polytech' Annecy-Chambery faculty team members :
Pascal Perrotin - Structural Engineer. Assistant Professor in Building Sciences
Etienne Wurtz - Building Physics Engineer. Professor of Thermal Physics

TEAM RHÔNE-ALPES 2010 ET 2012
PLUS DE 100 ÉTUDIANTS, ENSEIGNANTS, CHERCHEURS, ADMINISTRATIFS, MÉCÈNES...

UJF faculty team members
Yannick Siefffert - Assistant Professor of Building Sciences

Students
ENSAG SDE 2010 Joint Master Class 2008-2009 :
Laetitia Arantes, Marc Auzet, Pierre Belleoud, Aurélien Berlioux, Eve Bernard, Olivia Bournay, Emilie Braudo, Elodie Chalencon, Fabien Charleau, Quentin Chansavang, Marie Delaunay, Eve-Marie Delque, Alice Deplace, Simon Dereymaeker, Johan Despres, Léa Dillard, Elsa Garin, Juliette Goudy, Yacin Hadj Hassine, Clotilde Hogrel, Helena Llorio Breva, Bérangère Monnet, Guillaume Pradelle, Vincent Robin, Anaïs Romand, Francis Terraz, Delphine Uguen

ENSAG SDE 2010 Joint Master Class 2009-2010 :
Romain Berdiel, Maxime Bonnevie, Jeanne Denier, Olivier Des Rieux, Camille Eeman, Sylvain Eustache, Odette Fuentes, Cédric Gaillard, Hugo Gasnier, Josselin Guillo, Javier Herrero Rodrigo, Camilo Hiche Schwarzhaupt, Gregory Landraud, Elvire Leylavergne
Dorothée Martin, Ivan Mazel, Samuel Nemoz, Marine Potonnier, Basile Puech, Anaïs Rollet, Marie Romeas, Lauriane Thienneau, Vivian Vial, Léa Viricel, Pauline Suhr

ENSAG SDE 2010 Joint Master Class 2010-2011 :
Laura Bect, Mathieu Biberon, Samuel Chapuis-Breyton, Yoann Chaussinand, Anaïs Chesneau, Nathalia Costa, Anaïde de Pachtere, Christophe de Tricaud, Justine Dufour, Rafaela Ferreira, Yolaine Giovannini, Mariana Gomez Bentos, Virginie Granger, Manuel Henry, Caroline Impergre, Fanny Lapertot, Christophe Legendre, Claudia Leone, Cristian Eugen Manea, Stéphanie Materne, Aurélien Messa, Dita Mrazakova, Vanessa Nirlo, Gian Franco Noriega, Elsa Pillon, Alexandre Vial-Tissot

ENSAG HMO (Professional License) Architects :
Quentin Chansavang, Guillaume Pradelle

ENSAG SDE 2010 trainees :
Juliette Bailly, Paul Balaÿ, Fréderic Bouvier, Lola Boyau, Sourya Chansavang, Rémy Claret, Nathanaël Laronche, Margot Lefebvre-Buillet, Shuxian Lin

Polytech' Annecy-Chambery master students :
Jean-Luc Beauseigle, Boris Bosdevigie, Benjamin Camerino, Charlotte Cany, Lucie Cretin, Jean-Christophe Fluhr, Sarah Kerdraon, Thomas Kuentz, Luc Lacroix, Sébastien Marchand, Anthony Sintes, Laurent Tochon

UJF master students :
Guillaume Guignier, Antoine Marce, Laurent Piantoni, Jérémy Servage

GEM master students :
Josiane Asmane, David Bastable, Natacha Blazquez y Gomez, Jérémie Henry, Nadia Khalid Naciri, Frédéric Picard, David Reymond, Hélène Verdier

Mécènes
Ministère de la Culture, Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer, Région Rhône-Alpes, Conseil Général de Savoie, Ville de Grenoble

Bubendorff, Total/Tenesol

Banque Populaire, Bouchet Constructions Métalliques, Bouygues Immobilier, Menuiserie André, Nilan, Photowatt, SALM, SAMSE, Schneider Electric, Serge Ferrari

Akterre, Alexis Tricoire Design/Jardins de Cassy, Bacacier, Buzon, Clipsol, Cobs, Courb, Courtirey, Dimos, Dunoyer, Dutrie/BROCHP, Ecce'lectro, Hôtel ST James & Albany, Ideal Standard, Krono France, Labaronne-Citaf, Le jardin botanique de la ville de Lyon, Le journal des énergies renouvelables, Léon Grosse, Neff, Parklex, Pavatex, Philips, Piveteau Bois, Proclima, Prodotti, SAB International, Spécial Textiles, Steico, Streiff Génie Climatique, Tarkett, Tremco Illbruck, UPM

Contact
École nationale supérieure d’architecture de Grenoble
Unité de recherche AE&CC - LABEX
60 avenue de Constantine
CS 12636
F – 38036 Grenoble cedex 2
+33 (0)4 76 69 83 00

Graphisme
Maxime Bonnevie, Christophe De Tricaud, Quentin Chansavang

Support technique édition
Marjolaine Maître, Arnaud Misse

Impression
Imprimerie du Pont-de-Claix

Photographies
ENSAG-GAIA-INES : 6, 7, 8, 22, 25, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 65, 67, 70, 71, 72, 74, 81, 83, 85, 86, 87, 88, 90, 93, 95, 96, 99, 103, 105, 106, 107, 110, 111, 112, 118, 119, 120, 121, 123, 124, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 151, 189, 194, 196, 198, 217, 219, 221, 222, 223, 229, 230, 231, 232, 239, 243, 254
ENSAG : 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215
SD Europe : 9, 10, 11, 12, 19, 20, 21, 64, 77, 78, 79, 80, 84, 89, 92, 97, 98, 100, 101, 104, 152, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 185, 186, 190, 193, 246, 248, 249, 251
SD : 13, 14, 15, 16, 18
Avavian : 24, 26, 27, 28, 31, 62, 66, 68, 73
Click and Watch : 82, 91, 94, 102, 108, 113, 114, 115, 116, 117, 122, 125, 126, 127, 139, 140, 148, 149, 150, 153, 154, 184, 187, 192, 195, 216 , 218, 220, 224, 225, 226, 227, 228, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 240, 241, 241, 244, 245, 250, 252, 253
Andreas Krewet : 17, 61, 63, 69
INES-JC Rifflard : 1, 2
Integral Lipsky Rollet : 109, 197

Nous remercions les photographes non répertoriés de se mettre en contact avec les organisateurs : 3, 4, 23, 75, 76

Juin 2014

Armadillo Box® et Canopea® : un succès et une promesse d'avenir

Ce livre retrace l'aventure de la Team Grenoble, puis de la Team Rhône-Alpes dans la compétition *Solar Decathlon* qui, après le premier essai réussi de 2010 les a conduits au succès de 2012.

Le *Solar Decathlon* est au cœur des mutations du bâtiment et de la ville occasionnées par la nécessaire transition énergétique et la lutte contre l'effet de serre. Le bâtiment deviendra BEPOS ; la même ambition s'appliquera aux quartiers et, dans un avenir proche, à la ville devenue durable. Toutes les solutions passeront par le solaire, solution élégante pour fabriquer de l'électricité locale et de la chaleur. Le solaire constitue une promesse d'avenir. Il sera incontournable et symbolisera cette mutation profonde de la société.

Le *Solar Decathlon* est donc la compétition phare à laquelle il faut participer ; je dois dire que ce fut la principale raison de mon engagement lorsque les équipes m'ont demandé d'animer le Conseil Scientifique.

S'adresser aux équipes universitaires présente l'avantage d'interroger les jeunes générations, elles qui vont vivre dans la nouvelle société de la transition environnementale.

Faire travailler ensemble les architectes, les ingénieurs, les urbanistes, les ergonomes, les spécialistes de la communication, les industriels, avec l'appui de centres de recherche, représente l'exemple de travail collaboratif auquel aspire le bâtiment.

Concevoir, construire, exploiter, déconstruire sur un laps de temps limité oblige à envisager toutes les étapes du cycle de vie du bâtiment, de fréquenter les solutions industrielles désormais capables de répondre au sur mesure architectural.

Se mesurer dans une compétition internationale est absolument nécessaire car les solutions solaires sont mondiales. Bien sûr chacune des réponses correspond à des conditions climatiques locales, valorise des ressources naturelles locales et tient compte des modes de vie locaux. Mais le challenge concerne l'ensemble de la planète car c'est de la réussite de l'utilisation des énergies renouvelables (au premier rang desquelles le solaire) que nous reviendrons à une empreinte écologique compatible avec les ressources de la planète.

Je ne suis sans doute pas un observateur totalement objectif mais je dis haut et fort que les solutions d'Armadillo Box® et de Canopea® sont intelligentes, performantes et adaptées à la densité urbaine ; et je suis fier d'avoir participé, à ma place, à cette aventure couronnée de succès.

Alain Maugard, *membre du conseil scientifique de la Team Rhône-Alpes*





